

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 Реконструкция сети электроснабжения г. Котлас

Обучающийся

В. В. Соловьев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.п.н., доцент, М. Н. Третьякова

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

Тольятти 2024

## Аннотация

ВКР состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованных источников литературы и шести листов графического материала формата А1.

Ключевые слова: школа, многоквартирный дом (МКД), электроснабжение, здание, потребитель, нагрузка, ток, электроприемник, напряжение, питание, кабель, заземление.

В работе проектируется система электроснабжения (СЭС) ВРУ новой школы города, МКД.

Объект исследования: новая школа города, МКД.

Предмет исследования: подключение новой школы, МКД.

Актуальность разработки: функционирование новых потребителей (новая школа и МКД) подразумевает под собой эксплуатацию электроприемников, что в свою очередь не представляется возможным без электричества.

Цель работы: обеспечение надежного электроснабжения школы за счет разработки проекта системы электроснабжения данного объекта.

Для ввода в эксплуатацию новых электроустановок необходимо прежде всего: спроектировать систему электроснабжения учитывающие не только новые потребности, но и повысить надежность существующих сетей; обеспечить требуемое качество поставляемой электроэнергии для нужд новых потребителей, используя при этом оборудование и материалы соответствующие всем требованиям, а имея финансовые возможности и передовые разработки повышающие не только качество транспорта электроэнергии, но и улучшающие обслуживание данных сетей.

Задачи:

- ознакомиться с исходными данными;
- привести характеристики зданий;

- выбрать и проверить кабели для подключения объектов заявителя;
- выбрать номинальные значения напряжений, количество и мощности силовых трансформаторов;
- произвести расчет кабельных линий микрорайона 0,4 кВ и провести их проверку;
- рассчитать заземление БКТП.

Содержание данной работы содержит:

- описание подключаемого объекта;
- проектирование электроснабжения потребителей;
- расчет нагрузок, на основании которых выбираются кабель и трансформатор;
- разработку заземления блочной комплектной трансформаторной подстанции.

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| Введение.....  | 4  |
| 1 Анализ объекта электроснабжения и нормативных требований.....      | 6  |
| 1.1 Исходные данные.....   | 6  |
| 1.2 Выбор и проверка кабелей для подключения объектов заявителя..... | 9  |
| 2 Выбор силового трансформатора.....                                 | 17 |
| 2.1 Выбор номинальных значений напряжений.....                       | 17 |
| 2.2 Выбор количества и мощности трансформатора.....                  | 17 |
| 3 Расчет ЛЭП микрорайона МКД.....                                    | 21 |
| 3.1 Общие положения.....   | 21 |
| 3.2 Выбор марок и сечений кабелей.....                               | 21 |
| 3.3 Проверка ЛЭП по потере напряжения.....                           | 24 |
| 4 Заземление БКТП.....   | 26 |
| 4.1 Расчет контура заземления.....                                   | 26 |
| 4.2 Источники электроснабжения.....                                  | 27 |
| Заключение.....  | 42 |
| Список используемой литературы.....                                  | 43 |

## Введение

Маленький городок под названием Котлас обосновался на юго-востоке Архангельской области в 1917 году.

Общая площадь города составляет 68,039 км<sup>2</sup>. Основой экономики города является железная дорога и предприятия, тесно с ней связанные.

Большая проблема Котласа – отсутствие производства электроэнергии. Цены на электроэнергию на 70–80 % выше, чем у соседних районов. Обеспечивают город электричеством Северодвинская и Архангельская ТЭЦ, которые работают на привозном мазуте и угле. Также электричество поступает от энергоузла Котласского ЦБК, который находится в соседнем городе и работает на газе.

Основная сетевая компания в городе и районе – Котласские электрические сети, которая входит в Архангельский филиал ПАО «Россети Северо-Запад». Город является небольшим и, как правило, очень редко пополняется новыми социальными постройками, такими как сады, школы, больницы, университеты. Но в последние годы происходят изменения в социальной сфере и в Котласе стали появляться новые объекты социальной инфраструктуры. Так, например, в настоящее время строится детская городская поликлиника, идет обсуждение строительства нового улучшенного драматического театра, открылись несколько новых детских садов и начинаются жилые застройки некоторых микрорайонов города.

Комплексная жилая застройка южного микрорайона Котласа, в том числе в рамках мероприятий по переселению людей из ветхого и аварийного жилья, привела к необходимости постройки здесь и современной школы. Для котлашан строительство новой школы, стало знаковым и позитивным событием, так как последняя школа-новостройка в городе появилась целых 29 лет назад.

Символично, что школа открывается в год 105-летнего юбилея Котласа. Для определения ее номера даже проводился опрос, в котором приняли участие почти три тысячи горожан.

Строительство новой школы в городе Котлас велось при поддержке:

- национального проекта «Жилье и городская среда»;
- регионального проекта «Обеспечение качественным, доступным жильем и объектами инженерной инфраструктуры населения Архангельской области (2014–2024 годы)»;
- муниципальной программы «Строительство объектов инженерной и социальной инфраструктуры муниципального образования «Котлас» на 2020–2025 годы».

Оснащение учреждения соответствует современным тенденциям в образовании. В учебных кабинетах установлены интерактивные панели.

Актуальность разработки: функционирование новых потребителей (новая школа и МКД) подразумевает под собой эксплуатацию электроприемников, что в свою очередь не представляется возможным без электричества.

Объект исследования: новая школа города, МКД.

Предмет исследования: подключение новой школы, МКД.

Цель работы: обеспечение надежного электроснабжения школы за счет разработки проекта системы электроснабжения данного объекта.

Задачи:

- привести характеристики зданий;
- выбрать и проверить кабели для подключения объектов заявителя;
- выбрать номинальные значения напряжений, количество и мощности силовых трансформаторов;
- произвести расчет кабельных линий микрорайона 0,4 кВ и провести их проверку;
- рассчитать заземление БКТП.

# 1 Анализ объекта электроснабжения и нормативных требований

## 1.1 Исходные данные

Основание для выполнения работ – договор об осуществлении технологического присоединения к электрическим сетям энергопринимающих устройств заявителя – Управления экономического развития городского округа «Котлас» здания школы в г. Котлас Архангельской области.

Исходные данные для проектирования:

- задание, содержащее технические данные для разработки и составления проекта;
- исходные данные от Заявителя;
- исходные данные от Котласского РЭС.

Данная работа выполнена на основании задания на проектирование и в соответствии с действующими правилами устройства электроустановок [8].

таблице 1 представлена спецификация плана района (рисунок 1).

Таблица 1 – Спецификация плана района

| Номер на плане | Строения   |
|----------------|--|
| 1              | Гаражный кооператив                                  |
| 2              | Планируемая к подключению школа                      |
| 3-5            | Жилой комплекс; строение 3 планируется к подключению |
| 6              | Медицинский центр                                    |
| 7              | ТП №2  |
| 8              | РП №1  |
| 9              | ТП-4 (планируемая к строительству)                   |

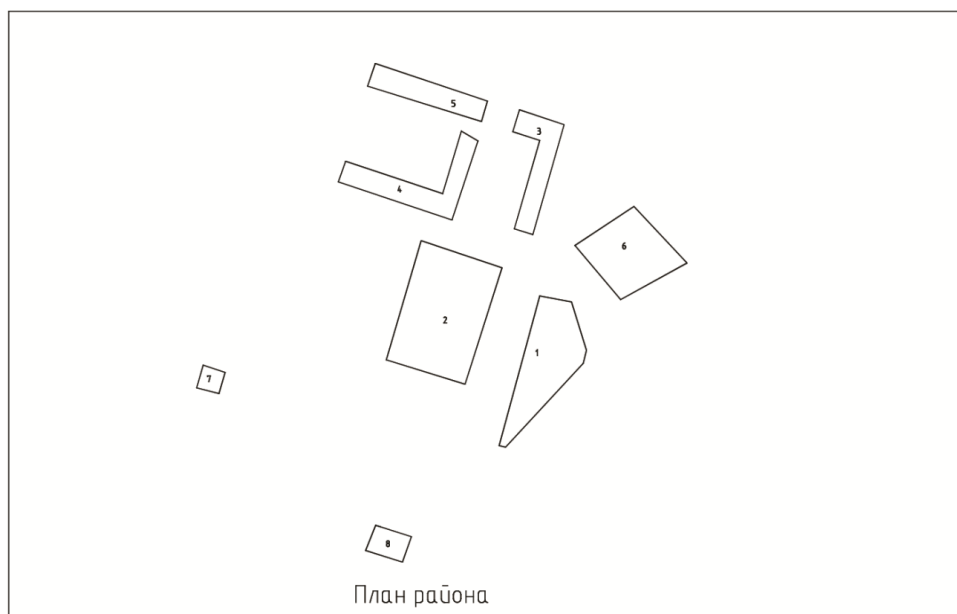


Рисунок 1 – План района

На плане района указывается расположение всех зданий и их ориентировочные габариты. Далее с учетом данных от застройщика и заявителя отмечается расположение существующих трансформаторных подстанций и планируемой – ТП-4 (рисунок 2).



Рисунок 2 – План района с проектируемыми сетями 10 кВ



На плане намечаются трассы существующих и планируемых к прокладке линий питающей и распределительной сетей (рисунок 3).

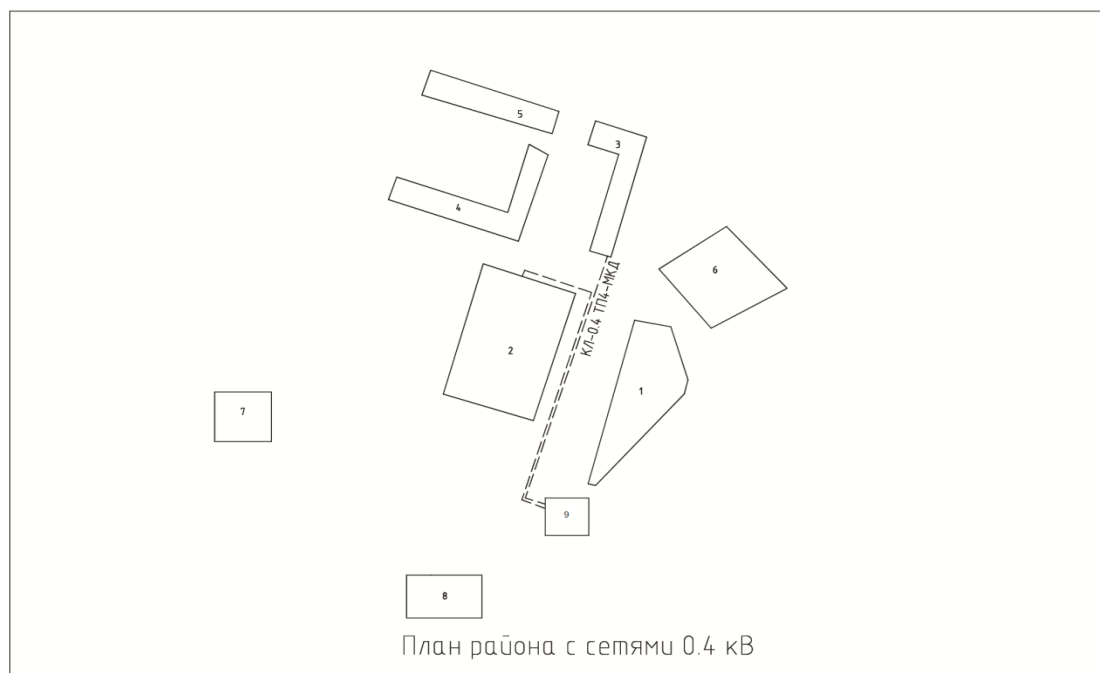


Рисунок 3 – План района с проектируемыми сетями 0,4 кВ

Характеристики подключаемых объектов указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики зданий

| Наименование | Количество квартир, площадь | Расчетная мощность, $P_{расч}$ , кВт | $\cos \varphi$ |
|--------------|-----------------------------|--------------------------------------|----------------|
| Школа ВРУ-1  | 3600                        | 289                                  | 0,94           |
| Школа ВРУ-4  | 3600                        | 279                                  | 0,94           |
| МКД          | 80                          | 279                                  | 0,95           |

Характеристики подключаемых объектов, которые указаны в таблице 2 будут использованы в дальнейших расчетах при выборе и проверке линий электропередач низкого напряжения 0,4 кВ.

## 1.2 Выбор и проверка кабелей для подключения объектов Заявителя

Сечение кабелей 0,4 кВ, используемых для подключения нагрузки Заявителя рассчитывается и проверяется исходя из условий, которые берутся из НТД организации и ГОСТ [4], [6]:

Определение марки кабельной продукции по нагреву [1], [19], [20].

Чтобы подключить потребителя, подземные кабельные линии должны соответствовать требованиям по предельно допустимому нагреву с учетом обычных и после режимов, вызванных авариями.

Условие:

$$I_{д.т.} > I_p,$$

где  $I_{д.т.}$  – допустимый длительный ток для кабелей по

ГОСТ Р 50571.5.52-2011, А;

$I_p$  – расчетный ток нагрузки [1].

Проверка сечения кабеля на термическую устойчивость к действию токов короткого замыкания.

Условие:

$$S_{выб} > S_{min},$$

где  $S_{выб}$  - предварительно выбранное сечение кабеля, мм<sup>2</sup>;

$S_{min}$  - минимально допустимое сечение кабеля по термической устойчивости, мм<sup>2</sup>.

Проверка по потере напряжения.

Условие:

$$\Delta U > \Delta U_p,$$

где  $\Delta U$  – нормативное значение потери напряжения,

$\Delta U_p$  – расчетное значение потери напряжения.

Определим расчетный ток линии.

Нагрузка ВРУ-1 школы принята согласно проекту Заявителя равной 289 кВт.

Расчетный ток линии питания ВРУ-1 напряжением 0,4кВ:

$$I_{p1} = \frac{289}{0,4 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,94} = 444 \text{ А.}$$

где  $P_{p1} = 289$  – заявленная активная мощность потребителей, кВт;

$\cos\varphi=0,94$  – коэффициент мощности потребителей.

Предварительно примем кабели 2×АВБШв-1 (4×240). Длительно-допустимый ток для одного кабеля согласно таблице В.52.4 ГОСТ Р 50571.5.52-2011 при прокладке способом *D1* (в земле в трубе) составит  $I_{д. т. (1)} = 218 \text{ А}$ .

Понижающий коэффициент при прокладке нескольких многожильных кабелей в земле в трубах согласно таблице В.52.19 ГОСТ Р 50571.5.52-2011 составит  $K_{2\text{каб.}} = 0,9$  для двух кабелей при расстоянии между трубами 0,25 м.

«Поправочный коэффициент для определения допустимых токовых нагрузок кабелей, проложенных непосредственно в земле или в земле в трубах при термическом сопротивлении грунта, отличном от 2,5 Км/Вт согласно таблице В.52.16 ГОСТ Р 50571.5.52-2011 составит  $K_{т} = 1,18$  для прокладки кабелей в трубах для теплового удельного сопротивления 1,0 Км/Вт (тепловое удельное сопротивление грунта в Архангельской области принято согласно ИЕС 60287-3-1 - как для Финляндии и Норвегии)» [1], тогда

$$\begin{aligned} I_{д. т. 1} &= n \cdot I_{д. т.} \cdot K_{2\text{каб.}} \cdot K_{т.} \\ I_{д. т. 1} &= 2 \cdot 218 \cdot 0,9 \cdot 1,18 = 463 \text{ А.} \end{aligned} \quad (1)$$

$$I_{д. т. 1} > I_{p1},$$

$$463 \text{ А} > 444 \text{ А},$$

Условие выполнено [1].

Применяем для подключения объекта ВРУ-1 - четырехжильные кабели 2×АВБШВ-1 (4×240).

Нагрузка ВРУ-4 школы также принята согласно проекту Заявителя равной 279 кВт.

Расчетный ток линии питания жилого дома [10]:

$$I_{p2} = \frac{289}{0,4 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,94} = 424 \text{ А.}$$

где  $P_{p2} = 289$  – заявленная активная мощность потребителей, кВт;

$\cos\varphi = 0,94$  – коэффициент мощности потребителей.

Предварительно примем кабели 2×АВБШВ-1 (4×240). Длительно-допустимый ток для одного кабеля согласно таблице В.52.4 ГОСТ Р 50571.5.52-2011 при прокладке способом D1 (в земле в трубе) составит  $I_{д. т. (2)} = 218 \text{ А}$ .

Понижающий коэффициент при прокладке нескольких многожильных кабелей в земле в трубах согласно таблице В.52.19 ГОСТ Р 50571.5.52-2011 составит  $K_{3\text{каб.}} = 0,85$  для трех кабелей при расстоянии между трубами 0,25 м.

«Поправочный коэффициент для определения допустимых токовых нагрузок кабелей, проложенных непосредственно в земле или в земле в трубах при термическом сопротивлении грунта, отличном от 2,5 Км/Вт согласно таблице В.52.16 ГОСТ Р 50571.5.52-2011 составит  $K_t = 1,18$  для прокладки кабелей в трубах для теплового удельного сопротивления 1,0 Км/Вт (тепловое удельное сопротивление грунта в Архангельской области принято согласно ИЕС 60287-3-1 – как для Финляндии и Норвегии)» [1], тогда:

$$\begin{aligned} I_{д. т. 2} &= n \cdot I_{д. т.} \cdot K_{2\text{каб}} \cdot K_t. \\ I_{д. т. 2} &= 2 \cdot 218 \cdot 0,85 \cdot 1,18 = 437 \text{ А.} \\ I_{д. т. 2} &> I_{p2}, \\ 437 \text{ А} &> 424 \text{ А,} \end{aligned}$$

Условие (1) выполнено.

Применяем для подключения объекта ВРУ-4 – четырехжильные кабели 2×АВБШв-1 (4×240).

Аналогично рассчитываем кабель для питания ВРУ МКД.

– Проверка сечения кабелей на термическую устойчивость к действию токов короткого замыкания:

$$S_{min} = \frac{I_{кз.мах} \cdot \sqrt{t}}{C}, \quad (2)$$

где  $S_{min}$  – минимально допустимое сечение жилы кабеля, мм<sup>2</sup>

$I_{кз.мах}$  – максимальный ток трехфазного к.з., А ( $I_{кз.мах}=21832$  А);

$t$  – максимальное время срабатывания АВ/плавкой ставки линии, с;

$C$  – коэффициент для кабелей (таблица 8 ГОСТ Р 52736-2007)

принимается равным 65 для кабелей с алюминиевыми жилами [5].

$$S_{min} = \frac{21832 \cdot \sqrt{0.02}}{65} = 48 \text{ мм}^2.$$

$$S_{выб} > S_{min},$$

$$480 \text{ мм}^2 > 48 \text{ мм}^2.$$

Условие выполнено.

– Проверка по потере напряжения линии питания объекта Заявителя в нормальном режиме при длине линии  $L=0,310$  км, выполненной кабелями 2×АВБШв-1 (4×240) и при расчетной мощности  $Pp=289$  кВт и  $\cos\phi=0,94$ :

$$\Delta U1 = 4,34\%.$$

4,34% < 10 %, то есть потери в сети 0,4 кВ не превышают 10%, условие выполнено.

Окончательно принимаем для подключения объекта ВРУ-1 2×2хАВБШв-1 (4×240).

Для ВРУ-4 при длине линии  $L=0,310$  км, выполненной кабелями  $2 \times \text{АВБШВ-1 (4} \times 240)$  при расчетной мощности  $P_p=279$  кВт и  $\cos\phi=0,95$

$$\Delta U_2 = 4,12\%.$$

$4,12\% < 10\%$ , то есть потери в сети  $0,4$  кВ не превышают  $10\%$ , условие выполнено.

Окончательно принимаем для подключения объекта ВРУ-4  $2 \times 2 \times \text{АВБШВ-1 (4} \times 240)$ .

Аналогично рассчитываем кабель для питания ВРУ МКД.

Находим расчетную мощность.

$$S_{расч} = \frac{P_{расч.}}{\cos\phi}. \quad (3)$$

МКД:

$$S_{расч} = \frac{279}{0,98} = 294 \text{ кВА.}$$

Школа ВРУ-1:

$$S_{расч} = \frac{289}{0,94} = 308 \text{ кВА.}$$

Школа ВРУ-4:

$$S_{расч} = \frac{279}{0,94} = 297 \text{ кВА.}$$

Расчетное значение силы тока:

$$I = \frac{S_{расч}}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (4)$$

МКД:

$$I = \frac{279}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 402 \text{ A.}$$

Школа ВРУ-1:

$$I = \frac{308}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 445 \text{ A.}$$

Школа ВРУ-4:

$$I = \frac{297}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 429 \text{ A.}$$

Полученные значения внесем в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты расчета

| Наименование | <i>n</i> | <i>P<sub>расч</sub></i> , кВт | <i>cosφ</i> | <i>S<sub>расч</sub></i> , кВА | <i>I</i> , А |
|--------------|----------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|--------------|
| МКД          | 80       | 279                           | 0,95        | 294                           | 402          |
| Школа ВРУ-1  | 3600     | 289                           | 0,94        | 308                           | 445          |
| Школа ВРУ-4  | 3600     | 279                           | 0,94        | 297                           | 429          |

Сумма полной расчетной мощности равна 902 кВА.

На рисунке 4 показана структурная расчетная схема электроснабжения, на которую необходимо будет опираться и которой обязательно нужно будет следовать при продолжении расчетов и выборе линий электропередач низкого напряжения 0,4 кВ [10].

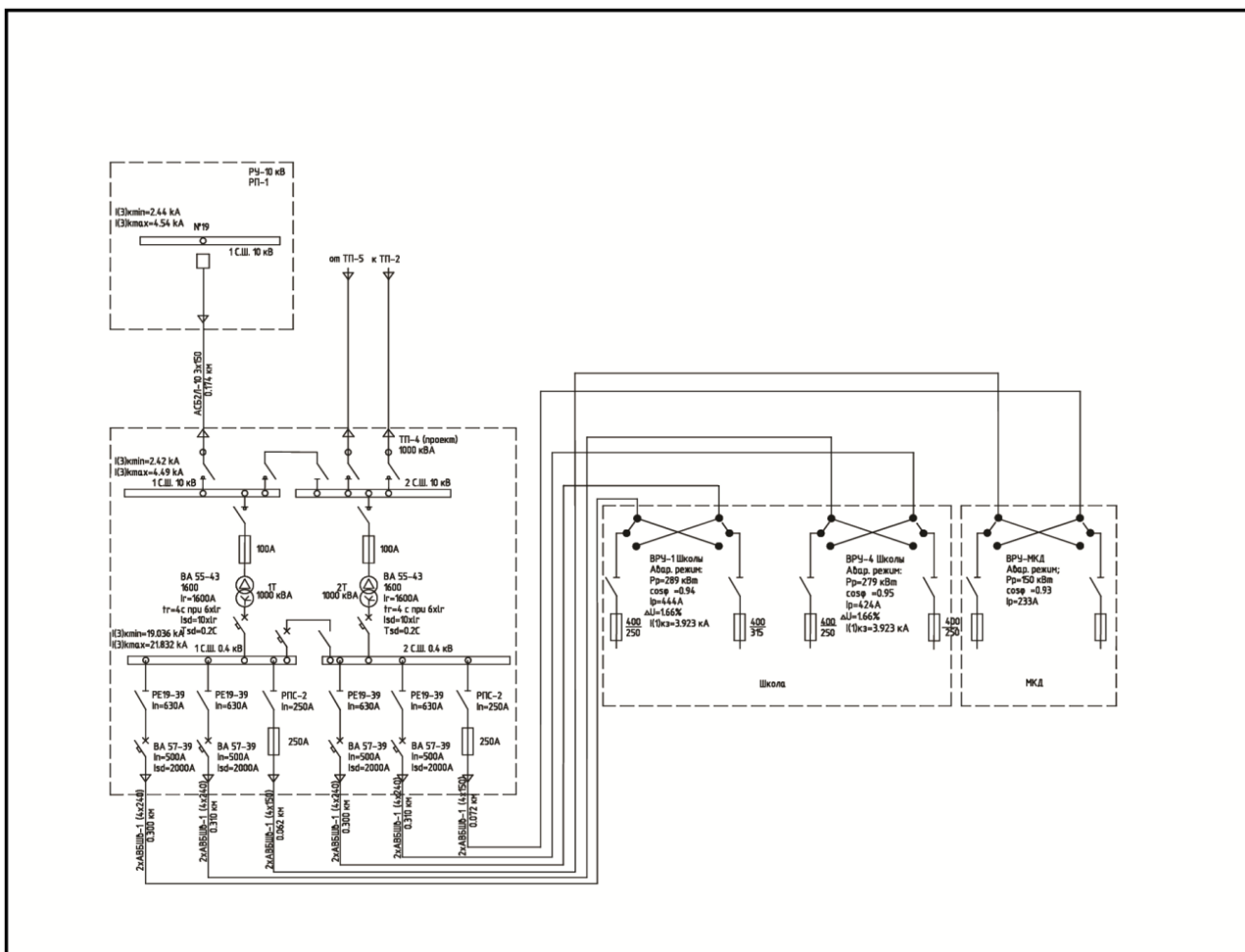


Рисунок 4 – Структурная расчетная схема электроснабжения

Вывод по разделу:

Изучив материалы, предоставленные заявителем и проведя изыскательскую работу был намечен план строительства электроустановок, для подключения новых потребителей, учитывая как технические данные потребителя, так и местность.



## **2 Выбор силового трансформатора**

### **2.1 Выбор номинальных значений напряжений**

Чтобы запитать новую подстанцию, планируемую к строительству, будем использовать напряжение сети, соответствующее напряжению сетям города, а именно 10 кВ.

По низкой стороне напряжения принимаем 380/220 В.

### **2.2 Выбор количества и мощности трансформаторов**

Данный район города является относительно новым и имеет перспективу для расширения.

Для надежного транспорта электроэнергии и соответствия ее качества в пределах, которые указаны в правилах устройства, где также регламентируется количество резервных источников питания для электроснабжения потребителей на установленную мощность при любых ситуациях (режимах). Возможные режимы указаны там же, в своих разделах, которые моделируют виды отключений (плановые, аварийные) различных элементов сети. Возможное их пересечение и прочее. Необходимо, чтобы сеть электроснабжения питала каждого потребителя при аварийных режимах с помощью АВР с использованием еще одного источника питания электроустановок.

Зная категорию надежности электроснабжения для новых потребителей, выбирается количество силовых трансформаторов, устанавливаемых на новую ТП. В нашем случае школа относится ко второй группе, потребители которой должны обеспечиваться питанием с двухтрансформаторной подстанции.

В соответствии с ГОСТ 14209-85 и 11677-85 «стандартный шаг мощностей силовых трансформаторов, которые выпускаются нашей промышленностью выглядит так:

100 кВА, 160 кВА, 250 кВА, 400 кВА, 630 кВА, 1000 кВА, 1600 кВА и 2500 кВА» [2], [3].

В нашем случае было принято решение использовать Блочную, двухтрансформаторную КТП, ввиду удобства ее обслуживания в районе, запитанном кабельными линиями.

«Уточнить мощность трансформаторов можно исходя из их рациональной загрузки в нормальном режиме и с учетом минимально необходимого резервирования в послеаварийном режиме» [3]. При этом номинальная мощность трансформаторов  $S_{НОМ.Т}$  определяется по средней нагрузке  $S_{СР.М}$  за максимально загруженный период:

$$S_{Т.НОМ.расч} = \frac{S_{СР.М}}{n \cdot k_3}, \quad (5)$$

где  $n$  – количество трансформаторов;

$k_3$  – коэффициент загрузки.

По таблице 4 определяется оптимальный коэффициент загрузки силовых трансформаторов с учетом категории надежности потребителей электроэнергии, количества трансформаторов и способа резервирования.

Таблица 4 – Значения коэффициентов загрузки трансформаторов

| Условие  | $k_3$      |
|--|------------|
| Двухтрансформаторные ТП с преобладающей нагрузкой I категории  | 0,65...0,7 |
| Однотрансформаторные ТП с преобладающей нагрузкой II категории при наличии взаимного резервирования по перемычкам с другими подстанциями на вторичном напряжении | 0,7...0,8  |
| ТП с нагрузкой III категории или с преобладающей нагрузкой II категории при возможности использования складского резерва трансформаторов                         | 0,9...0,95 |

В первых двух случаях, указанных в таблице 4, значения коэффициентов загрузки трансформаторов определены из условия взаимного резервирования

трансформаторов в аварийном режиме с учетом допустимой перегрузки оставшегося в работе трансформатора.

Произведем ориентировочный выбор числа и мощности трансформаторов.

Проведем выбор трансформаторов для ТП №4. К данной ТП подключаются нагрузки МКД-1 и новой школы. Определим суммарную нагрузку ТП №4:

$$S_{НАГР} = 294 + 308 + 297 = 902 \text{ кВА.}$$

Далее необходимо определить расчетную номинальную мощность трансформатора:

$$S_{Т.НОМ,расч} = \frac{S_{НАГР}}{n \cdot k_3} = \frac{902}{2 \cdot 0,7} = 644 \text{ кВА.}$$

Исходя из номинальной расчетной мощности, выберем трансформатор мощностью ближайшей большей к  $S_{Т.НОМ,расч}$ . Выберем трансформатор мощностью 1000 кВА.

Таблица 5 – Выбор трансформатора

| Номер ТП | Наименование | $S_{расч}$ , кВА | $S_{НАГР}$ , кВА | $S_{Т.НОМ,расч}$ , кВА | $S_{Т.НОМ}$ , кВА |
|----------|--------------|------------------|------------------|------------------------|-------------------|
| 4        | МКД-1        | 294              | 902              | 644                    | 1000              |
|          | Школа ВРУ-1  | 308              |                  |                        |                   |
|          | Школа ВРУ-4  | 297              |                  |                        |                   |

При выборе трансформатора для установки на ТП целесообразно и выгодно выбрать трансформатор современной модели, например типа ТМГ. После проработки вопроса закупок и анализа развития района было принято решение использовать на ТП два трансформатора ТМГ, мощностью по 1000 кВА.

## Строительство ТП-4 (проект)

Проектом предусматривается строительство ТП-10/0,4 кВ с двумя энергоэффективными силовыми трансформаторами типа ТМГ мощностью 1000 кВА. Для заказа ТП-проект. использовано типовое задание заводу-изготовителю на производство БКТП-10/0,4 кВ 2×1000 кВА. В качестве трансформаторной подстанции проектом предусматривается установка блочного комплектного здания из сэндвич-панелей на кабельные приямки из сборного железобетона. Кабельные приямки устанавливаются на свайный фундамент из железобетонных свай с металлическим ростверком из швеллера согласно рабочим чертежам данного раздела с последующей гидроизоляцией.

В здании проектируемой ТП-10/0,4 кВ установлено:

- КРУ 10 кВ на базе панели КСО-399,
- силовые трансформаторы ТМГ 2×1000 кВА 10/0,4 кВ;
- комплектное распределительное устройство 0,4 кВ на базе панелей ЩО-70;
- шкаф собственных нужд со комплектным устройством АВР-4
- шкаф ОПС, ТМ и АСКУЭ;
- система отопления;
- система ОПС;
- система ТМ;
- система АСКУЭ;
- система освещения и розеточная сеть;
- система блокировок;
- система вентиляции [10].

Вывод по разделу:

Проведя расчеты и определив категорию потребителей, была выбрана подстанция, оборудование которой соответствует требованиям обеспечения бесперебойной подачи электроэнергии потребителя и удобства эксплуатации данной электроустановки обслуживающим персоналом.

## **3 Расчет ЛЭП микрорайона МКД**

### **3.1 Общие положения**

В наше время свободное место в городе на вес золота ввиду огромной плотности застройки. Понимая это можно сразу отбросить вариант городского электроснабжения посредством воздушных линий (ВЛ). Разработка и проектирование электроснабжения городов ведется только кабельными линиями. В Санкт-Петербурге проводится эксперимент замены распределительной сети КЛ-10 кВ на КЛ-35 кВ, что значительно сократит потери напряжения в сетях. Но без капитальных вложений, таких как реконструкция существующих сетей, а именно ТП-10/0,4 кВ в ТП-35/0,4, не обойтись.

Применение подземных КЛ содержит важные преимущества. С помощью кабелей может быть выполнено пересечение уличных магистралей значительным числом электрических кабелей любого напряжения, а также возможна прокладка этих линий вдоль магистралей. Для создания таких кабельных линий необходима небольшая территория.

### **3.2 Выбор марок и сечений кабелей**

Для проектирования и дальнейшей эксплуатации стоит применить современные бронированные кабели.

Преимущество кабелей с оболочкой из шитого полиэтилена в его долговечности компенсируется затратами на его обслуживание, поэтому принято решение выбрать трехжильный кабель марки АСБ2Л (рисунок 5).

Кабель представляет из себя: алюминиевые жилы; изолированными фазной и поясной бумажными изоляциями, пропитанными вязким пропиточным составом; экран из электропроводящей бумаги; свинцовая

оболочка; подушка из битума, пленки ПВХ и крепированной бумаги; броня из стальных лент и наружный покров из волокнистых материалов.



Рисунок 5 – Внешний вид кабеля АСБ2Л

Для сети 0,4 кВ (разводка по микрорайону) в связи с большой протяженностью и криволинейных траекторий прокладки уместно применить четырехжильный кабель с алюминиевыми жилами марки АвБбШв. Кабель представляет из себя: четыре алюминиевые жилы; изоляция из ПВХ пластиката; поясная изоляция из ПВХ лент; броня из двух стальных (оцинкованных) лент; шланг из ПВХ (рисунок 6).



Рисунок 6 – Внешний вид кабеля АвБбШв

Первая проектируемая КЛ-10 будет запитывать ТП-4 с РП-1. Длина участка КЛ-10 составляет 0,175 км.

Посчитаем кабельные линии для питания ТП-4 с высокой стороны.

Определим расчетный ток в линии:

$$I_{\text{расч}} = \frac{628}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 18,2 \text{ А.}$$

«Определим ток в линии при аварийном режиме» [11]:

$$I_{\text{AP}} = \frac{628}{(2-1) \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 36,3 \text{ А.}$$

«Определим длительно допустимую токовую нагрузку» [11]:

$$I_{\text{доп}} = \frac{36,3}{1,13 \cdot 0,93 \cdot 1} = 34,5 \text{ А.}$$

На рисунках 5 и 6 показаны кабели, которые необходимо будет использовать при строительстве школы и последующем ее подключении к энергопитанию. В таблице 6 приведены кабельные линии, которые будут использованы в новой школе и соседнем МКД для обеспечения их электроэнергией.

Таблица 6 – Выбор КЛ

| №   | Участок   | $S_{\text{НАГР}}$ ,<br>кВА | $n$ | $I_{\text{расч}}$ , А | $I_{\text{AP}}$ , А | $I_{\text{доп}}$ , А | Кабель       |
|-----|-----------|----------------------------|-----|-----------------------|---------------------|----------------------|--------------|
| W1  | РП1-ТП4   | 628                        | 1   | 18,2                  | 36,3                | 34,5                 | АСБ2Л-3×150  |
| W2  | ТП4 – МКД | 294                        | 2   | 402                   | 290                 | 430                  | АвБбШв 4×240 |
| W3  | ТП4-ВРУ-1 | 308                        | 2   | 445                   | 322                 | 463                  | АвБбШв 4×240 |
| W10 | ТП4-ВРУ-4 | 297                        | 2   | 429                   | 310                 | 437                  | АвБбШв 4×240 |

### 3.3 Проверка ЛЭП по потере напряжения

«В нормальном и аварийном режимах потеря напряжения находится по формулам» [11]:

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot I_{расч} \cdot \frac{l}{1000} \cdot (r_{уд} \cdot \cos \varphi + x_{уд} \cdot \sin \varphi) \quad (6)$$

$$\Delta U_{AP} = \sqrt{3} \cdot I_{AP} \cdot \frac{l}{1000} \cdot (r_{уд} \cdot \cos \varphi + x_{уд} \cdot \sin \varphi) \quad (7)$$

Для примера проведем проверку по потере напряжения для линии W1 – ТП4-МКД.

Сопровитвления  $r_{уд}$  и  $x_{уд}$  возьмем из приложения Б. Протяженность кабелей определим приближенно, используя план микрорайона № 12.

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot 71,44 \cdot \frac{2000}{1000} \cdot (0,447 \cdot 0,9 + 0,086 \cdot 0,436) = 109,224 \text{ В} .$$

$$\Delta U_{AP} = \sqrt{3} \cdot 142,89 \cdot \frac{2000}{1000} \cdot (0,447 \cdot 0,9 + 0,086 \cdot 0,436) = 218,46 \text{ В} .$$

Подобным же образом осуществим проверку по потере напряжения для линий, которые питают другие ТП и потребителей.

Таблица 7 – Потери напряжения в силовых распределительных линиях

| №  | Участок  | $I_{расч}$ , А | $I_{AP}$ , А | $L$ , м | $r_{уд}$ , Ом/км | $x_{уд}$ , Ом/км | $\cos \varphi$ | $\sin \varphi$ | $\Delta U_H$ , В | $\Delta U_{AP}$ , В |
|----|----------|----------------|--------------|---------|------------------|------------------|----------------|----------------|------------------|---------------------|
| W1 | ТП4-МКД  | 402            | 290          | 68      | 0,132            | 0,06             | 0,95           | 0,31           | 6,81             | 4,92                |
| W2 | ТП4-ВРУ1 | 444            | 322          | 310     | 0,132            | 0,06             | 0,94           | 0,34           | 34,01            | 24,67               |
| W3 | ТП4-ВРУ4 | 424            | 310          | 310     | 0,132            | 0,06             | 0,94           | 0,34           | 32,48            | 23,75               |



Согласно ГОСТ 32144-2013 «положительные и отрицательные отклонения напряжения в точке передачи электрической энергии не должны превышать значений расчетов, результаты которых приведены в таблице 7. Полученные данные показывают, что в нормальном режиме потери напряжения в сети 10 кВ не превышают 10 % номинального или согласованного значения напряжения в течение 100 % времени интервала в одну неделю» [4], [6], [8].

Вывод по разделу:

В этом разделе были рассмотрены важные преимущества применения подземных кабельных линий, произведен расчет кабельных линий микрорайона МКД, а также выполнен выбор марок и сечений кабелей, показан внешний вид нескольких из кабелей.

Был проведен расчет для КЛ, питающей ТП-4. На основе выбранных марок была осуществлена проверка по потере напряжения для линий, которые питают другие ТП и потребителей. Выполнены расчеты и подведены итоги. Все расчеты сверялись с ГОСТом.

## 4 Заземление БКТП

Заземление БКТП выполняется в соответствии с ПУЭ и требованиями эксплуатирующей организации.

Внутренний контур заземления смонтирован на заводе-изготовителе. Все металлические нетоковедущие части электрооборудования, установленные в БКТП, которые могут оказаться под напряжением, присоединены к внутреннему контуру заземления.

Внешний контур заземления выбирается в соответствии с проектом установки кабельных блоков и надземных блоков БКТП на фундаментную плиту, обеспечивающий соответствующее сопротивление менее 4 Ом в любое время года.

«Мероприятия по молниезащите БКТП – металлическая арматура каркаса объемного и кабельных блоков имеет металлическую связь с внутренним контуром заземления, дополнительных мер не требуется» [8].

### 4.1 Расчет контура заземления

Вертикальный заземлитель – угловая сталь 50×50×5 длиной 3 м;

Количество вертикальных заземлителей – 14 шт;

Горизонтальный заземлитель – сталь полосовая 50×5 длиной 90м.

Сопротивление одного заземлителя

$$R = 0,366q/L(\ln \cdot 2L/B + 0,5 \cdot \ln(4t + 3L)/(4T + L)). \quad (8)$$

$$R_0 = 6,1 \cdot (4,83 + 0,3) = 31,29 \text{ Ом.}$$

Количество стержней – руководствуясь планом ПС – 14 шт.

Коэффициент использования стержней равен  $\eta_c=1,2$ .

Сопротивление всех стержней растеканию тока составит

$$R_c = R_0/(n \cdot \eta_c) = 31,29/(14 \cdot 1,2) = 0,46 \text{ Ом.} \quad (9)$$

Длина протяженного заземлителя (полоса 50×5мм) составляет 90 м., глубина заложения  $t=100$  см., ширина заземлителя  $b=0,5$  см.

Сопротивление протяженного заземляющего устройства

$$R_{np} = 5,7 \text{ Ом.}$$

Сопротивление всего заземляющего устройства

$$R_n = R_c \cdot R_{np} / (R_c + R_{np}) = 0,46 \cdot 5,7 / (0,46 + 5,7) = 0,39 \text{ Ом.} \quad (10)$$

## 4.2 Источники электроснабжения

Источником электроснабжения объекта Заявителя является Проектируемая трансформаторная подстанция (ТП-4).

### 4.2.1 Кабельные линии 10 кВ.

Проектом предусмотрено строительство кабельной линии 10 кВ от РП-1 до ТП-4, выполненной кабелем АСБ2л-10 (3×150), общей длиной 174м. На рисунке 7 показано, как будет выглядеть принципиальная электрическая схема РП-10 кВ РП-1 после реконструкции.

## Принципиальная электрическая схема РУ-10 кВ РП-1 после реконструкции

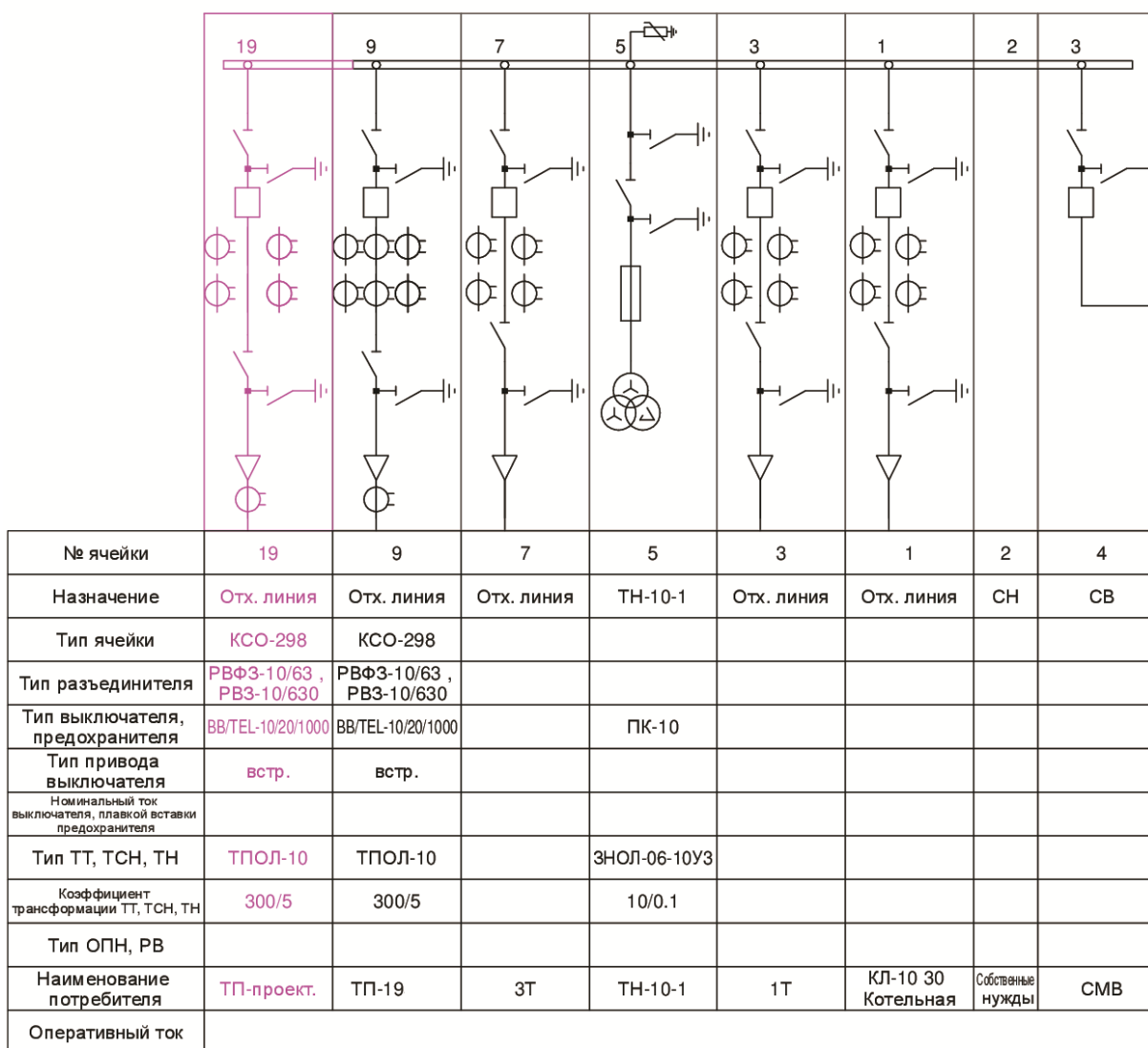


Рисунок 7 – Принципиальная электрическая схема РУ-10 кВ РП-1 после реконструкции

Также проектом предусмотрена врезка в существующую КЛ-10 кВ ТП5-ТП2 со строительством кабельных линий 10 кВ до ТП-4, выполненных кабелем АСБ2л-10 (3×120), общей длиной 2×47м [10]. На рисунке 8 показана схема захода кабельной линии 10/0,4 кВ в ТП-4.

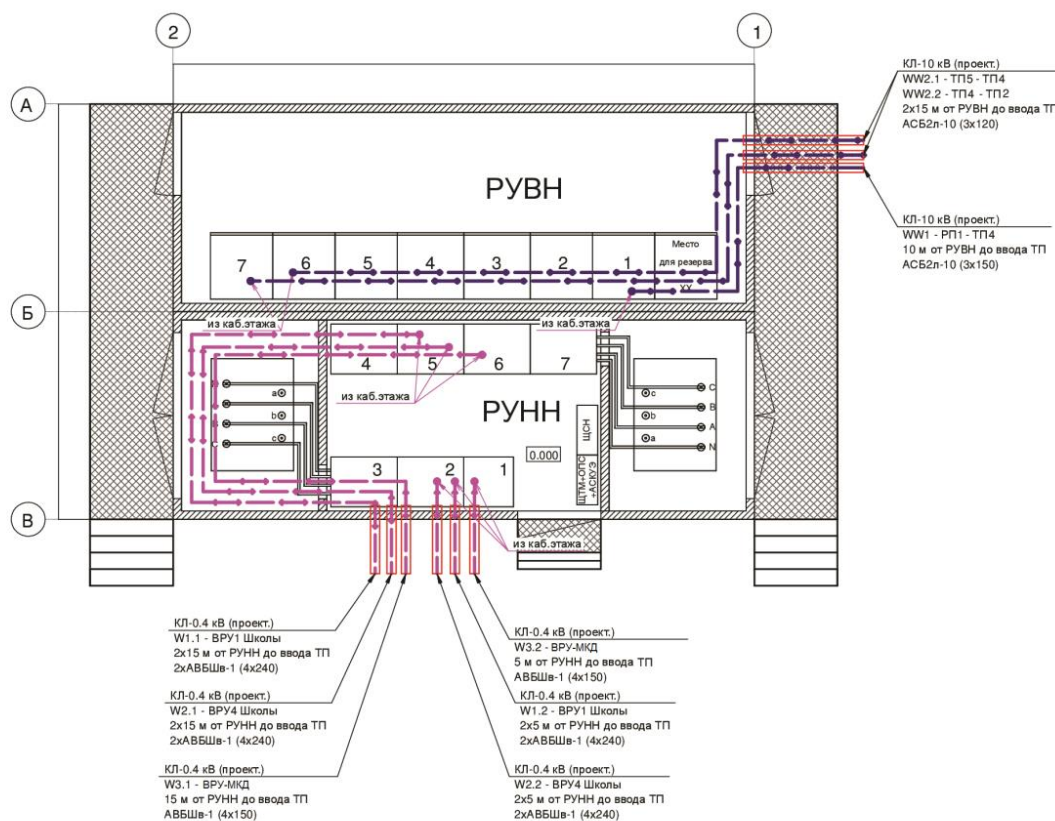


Рисунок 8 – Схема захода КЛ-10/0,4 кВ в ТП-4

Проектируемые кабели проложить по типовому проекту шифр А5-92 (рисунок 9) «Прокладка кабеля номинальным напряжением до 35 000 вольт в траншеях» в земляной траншее, имеющей снизу слой подсыпки из песка толщиной не менее 150 мм, сверху засыпку из песка толщиной 150 мм.

Для защиты кабелей при непосредственной прокладке в земле - сверху песчаной постели выложить плиты ПЗК, кабели разделить негорючей перегородкой из кирпича, как взаиморезервируемые. Для сигнализации кабелей при прокладке в земле в трубах – сверху песчаной постели выложить сигнальную ленту [8], [15].

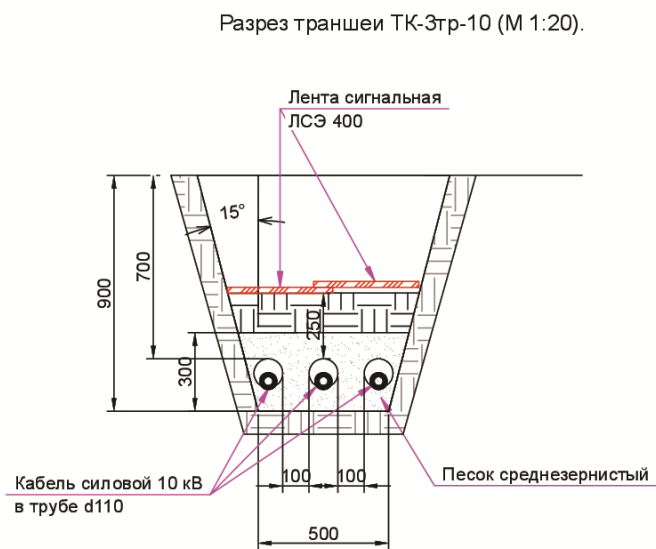
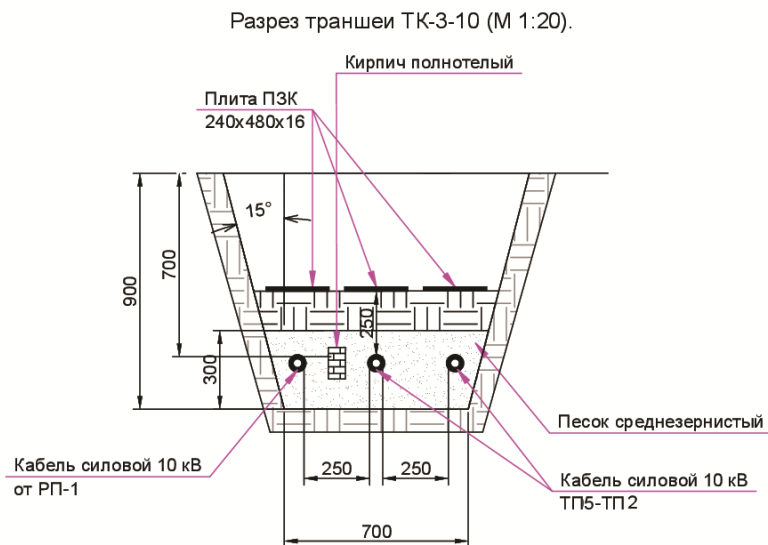


Рисунок 9 – Прокладывание КЛ

До начала производства земляных работ необходимо уточнить местоположение существующих подземных коммуникаций и обеспечить мероприятия по их сохранности и технике безопасности. Кабели укладывать с

запасом по всей длине 1-2%, т. е. укладка «змейкой». Пересечение с инженерными коммуникациями осуществляется в жестких трубах ПНД ДКС  $d=110$  мм. Концы труб герметизировать термоусаживаемыми уплотнителями кабельных проходов.

Проектом предусмотрено пересечение КЛ-10 кВ от РП-1 до ТП-4 проездов методом ГНБ в трубах Электропайп производства Полипластик  $d=160$  мм (рисунок 10). Концы труб герметизировать термоусаживаемыми уплотнителями кабельных проходов.

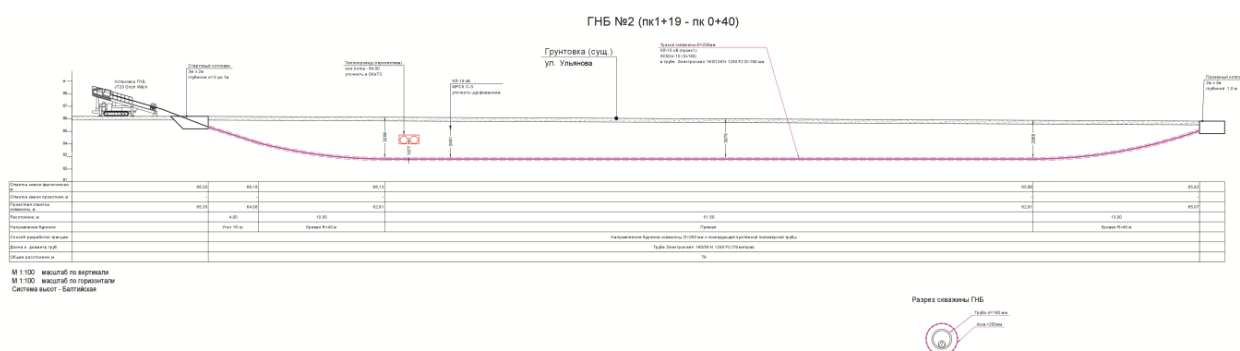


Рисунок 10 – Прокладывание КЛ-10 кВ РП1-ТП4

#### 4.2.2 Кабельные линии 0,4 кВ

Проектом предусмотрено строительство кабельной линии 0,4 кВ от РУ-0,4 кВ ТП-4 до ВРУ-1 школы, выполненной кабелями  $4 \times \text{АВБШв-1} (4 \times 240)$ , общей длиной  $2 \times 300 \text{ м} + 2 \times 310 \text{ м}$ .

Проектом предусмотрено строительство кабельной линии 0,4 кВ от РУ-0,4 кВ ТП-4 до ВРУ 4 школы, выполненной кабелями  $4 \times \text{АВБШв-1} (4 \times 240)$ , общей длиной  $2 \times 300 \text{ м} + 2 \times 310 \text{ м}$ .

Проектом предусмотрено переустройство кабельной линии 0,4 кВ питания многоквартирного жилого дома (МКД) от РУ-0,4 кВ ТП-4. До соединительных кабельных муфт на вводе в существующий ж/б лоток, выполненной кабелем  $2 \times \text{АВБШв-1} (4 \times 240)$ , общей длиной  $62 \text{ м} + 72 \text{ м}$ .

Проектируемые кабели проложить по типовому проекту шифр А5-92 (рисунок 11) «Прокладка кабеля с номинальным напряжением до 35 000 вольт в траншеях» в земляной траншее, имеющей снизу слой подсыпки из песка толщиной не менее 150 мм, сверху засыпку из песка толщиной 150 мм.

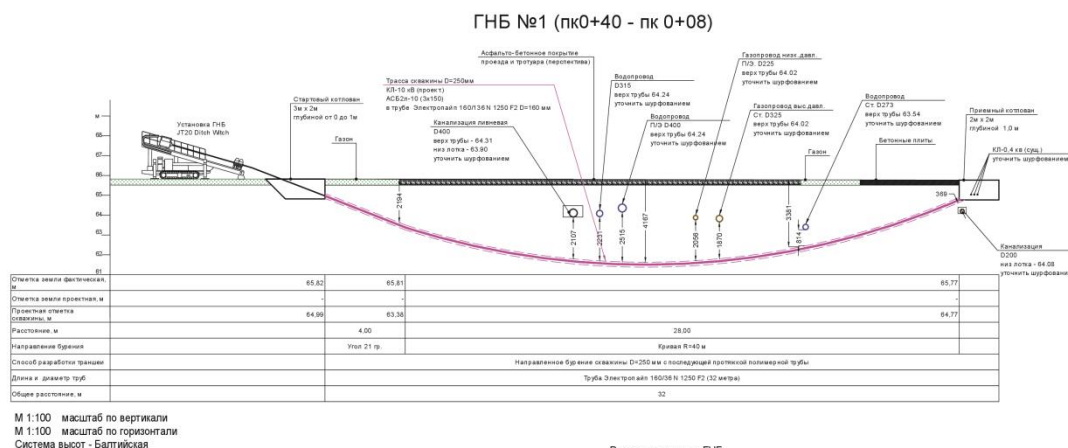


Рисунок 11 – Прокладывание КЛ-0,4 кВ

Для сигнализации кабелей сверху песчаной постели выложить сигнальную ленту. До начала производства земляных работ необходимо уточнить местоположение существующих подземных коммуникаций и обеспечить мероприятия по их сохранности и технике безопасности. Кабели укладывать с запасом по всей длине 1-2%, т. е. укладка «змейкой».

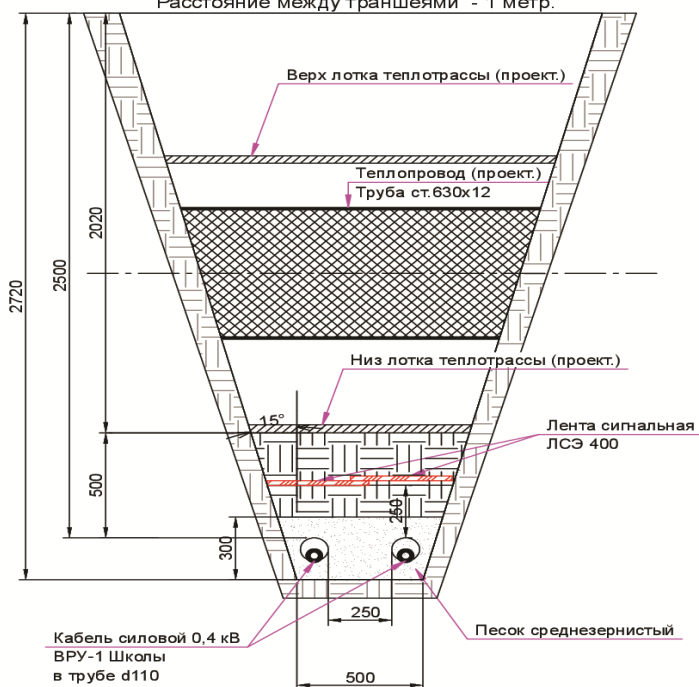
Пересечение с инженерными коммуникациями осуществляется в жестких трубах ПНД ДКС  $d=110$  мм. Повороты трассы выполнить в гибких трубах ПНД/ПВД ДКС  $d=110$  мм. Концы труб герметизировать термоусаживаемыми уплотнителями кабельных проходов.

При пересечении запланированных сетей отопления прокладку кабелей 0,4 кВ выполнить согласно рисунку 12 данного проекта, ниже отметки проектируемой теплотрассы на 0,5 м.



### Профиль пересечения с теплотрассой

Разрез траншеи ТК-2тр-Т (М 1:20). Количество - 2шт.  
Расстояние между траншеями - 1 метр.



Разрез траншеи ТК-3тр-Т (М 1:20). Количество - 2шт.  
Расстояние между траншеями - 1 метр.

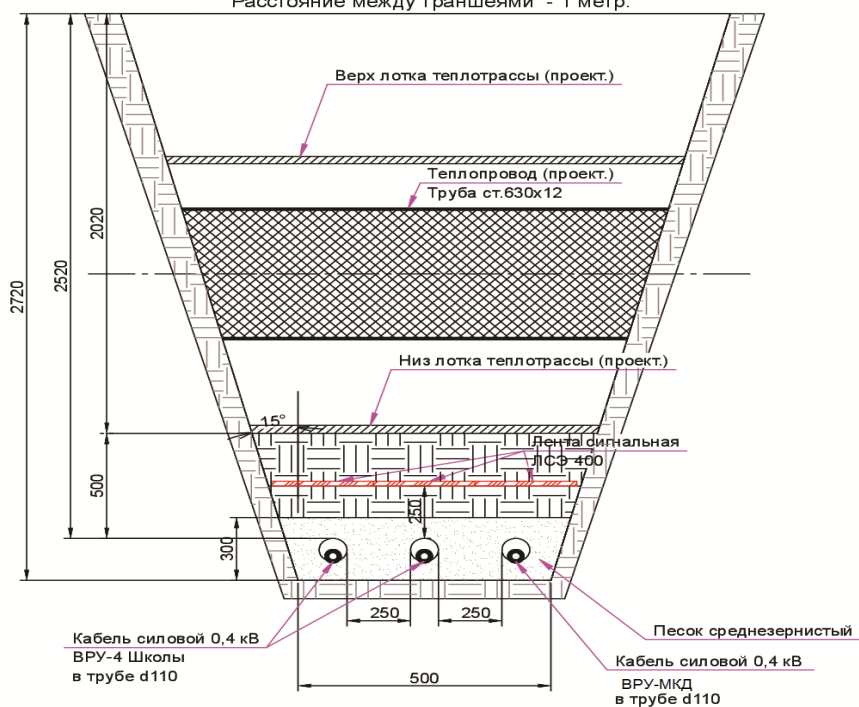
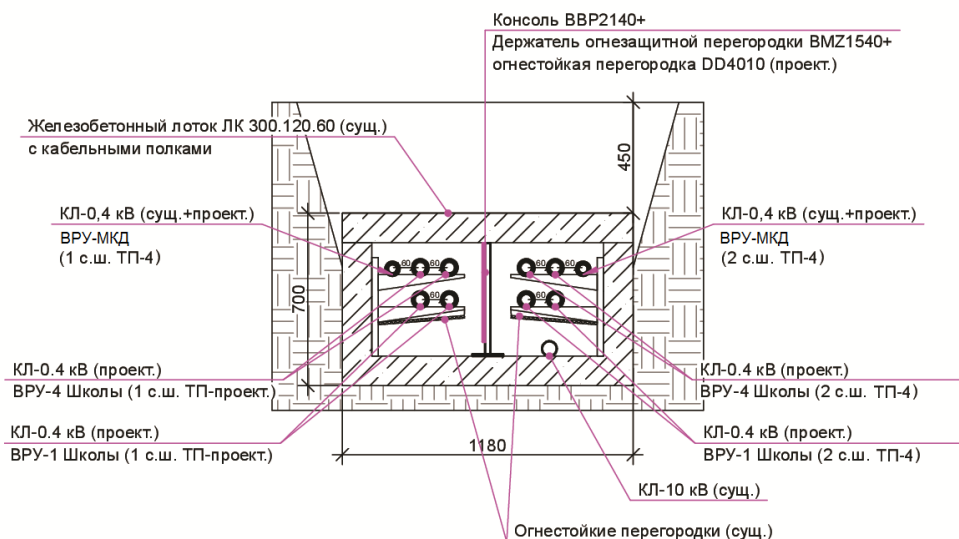


Рисунок 12 – Прокладывание КЛ-0,4 кВ при пересечении теплотрассы

Прокладку кабелей 0,4 кВ выполнить в существующем ж/б лотке с монтажом дополнительной огнестойкой перегородки для разделения взаиморезервируемых кабелей согласно рисунку 13.

Разрез траншеи ТК-0 (М 1:20).



Разрез траншеи ТК-1тр-10 (М 1:20).

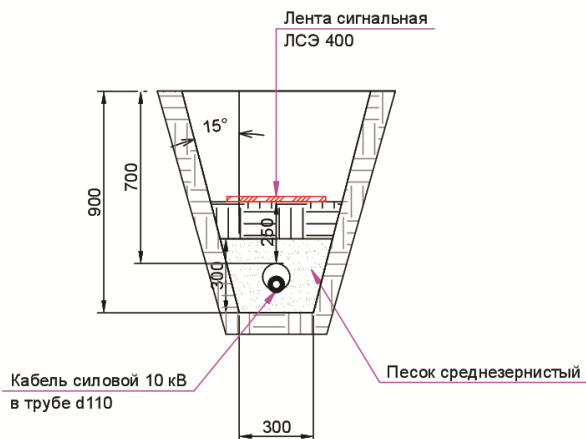


Рисунок 13 – Прокладывание КЛ-0,4 кВ в существующем лотке

Проектом предусмотрено пересечение проездов на территории школы методом ГНБ в трубах Электропайп производства Полипластик  $d=125$  мм. Концы труб герметизировать термоусаживаемыми уплотнителями кабельных проходов.

#### 4.2.3 Организация строительства

Строительство и переустройство кабельных линий 0,4-10 кВ предполагается вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе КЛ-0,4-10 кВ, ВЛ-0,4 кВ. Строительство кабельных линий 0,4-10 кВ предполагается в стесненных условиях застроенной части г. Котласа Архангельской области, что обусловлено тремя факторами:

- интенсивное движение производственного транспорта в непосредственной близости от места работ – стройплощадка;
- разветвленная сеть существующих подземных коммуникаций;
- здания в непосредственной близости от места работ.

Доставка оборудования осуществляется силами подрядчика.

Организация строительства должна обеспечиваться с соблюдением норм и требований СНиП 12-01-2004 «Организация строительства» и СНиП 3.05.06-85 «Электротехнические устройства». При производстве работ соблюдать требования СТО 01.О11.01-2020, СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве», часть 1 Общие требования, ПУЭ, ПОТЭЭ, а также РД 34.45-51.300-97 «Объем и нормы испытания электрооборудования» [9], [14], [16], [17].

Проектируемые объекты считаются несложными, и технология их устройства считается довольно-таки освоенной, что в общей классификации считается несложным объектом, исходя из этого дополнительные расчетные мероприятия и испытания разных режимов работы объекта не требуются. Для строительства местные материалы не используются. По окончании СМР выполнить пуско-наладочные работы в соответствии с СТО 34.01-23.1-001-2017 [12], [18].

Реконструкция РП-1 предполагается вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе РУ-10 кВ, КЛ-10 кВ. Доставка оборудования осуществляется силами подрядчика с базы ПО «КЭС».

Организация строительства должна обеспечиваться с соблюдением норм и требований СНиП 12-01-2004 «Организация строительства» и СНиП 3.05.06-85 «Электротехнические устройства» [14].

При производстве работ соблюдать требования СТО 01.011.01-2020, СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве», часть 1 Общие требования, ПУЭ, ПОТЭЭ, а также РД 34.45-51.300-97 «Объем и нормы испытания электрооборудования». Проектируемые объекты считаются несложными, и технология их устройства считается довольно-таки освоенной, что в общей классификации считается несложным объектом, исходя из этого дополнительные расчетные мероприятия и испытания разных режимов работы объекта не требуются. Для строительства местные материалы не используются. По окончании СМР выполнить пуско-наладочные работы в соответствии с СТО 34.01-23.1-001-2017. Строительство БКТП предполагается вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе ВЛ-0,4 кВ. Строительство БКТП предполагается в стесненных условиях г. Котласа Архангельской области, что обусловлено тремя факторами:

- интенсивное движение строительного транспорта в непосредственной близости от места работ;
- разветвленная сеть существующих подземных коммуникаций;
- здания в непосредственной близости от места работ [8], [11], [17], [19].

Доставка материалов осуществляется силами подрядчика. Временное складирование материалов предусматривается в пределах территории стройплощадки. Дополнительный отвод земли под эти нужды не требуется. Организация строительства должна обеспечиваться с соблюдением норм и требований СНиП 12-01-2004 «Организация строительства» и СНиП 3.05.06-

85 «Электротехнические устройства». При производстве работ соблюдать требования СТО 01.011-2017, СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве», часть 1 Общие требования, ПУЭ, ПОТЭЭ, а также РД 34.45-51.300-97 «Объем и нормы испытания электрооборудования».

Проектируемые объекты считаются несложными, и технология их устройства считается довольно-таки освоенной, что в общей классификации считается несложным объектом, исходя из этого дополнительные расчетные мероприятия и испытания разных режимов работы объекта не требуются. В технических чертежах, паспортах и инструкциях к монтируемому оборудованию имеется вся необходимая информация для его монтажа. Для строительства местные материалы не используются. По окончании СМР выполнить пуско-наладочные работы в соответствии с СТО 34.01-23.1-001-2017 [8], [11], [14], [17], [18].

#### 4.2.4 Охрана окружающей среды

Данный проект разработан с учётом требований законодательства об охране окружающей среды и основ земельного законодательства Российской Федерации. Проектом предусмотрено строительство КЛ-0,4 кВ, КЛ-10 кВ. В период строительства воздействие на атмосферный воздух будет осуществлять строительная техника.

Технология выполнения строительно-монтажных работ не требует одновременной работы большого количества строительных механизмов и транспортных средств. Поэтому суммарный выброс вредных веществ в атмосферу будет не заметен на фоне другихстроек, которые ведутся в данном районе.

Чтобы снизить выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух надо бы предусмотреть:

- при заключении договоров с подрядчиком уточнить о технике, применяемой им, а именно о соответствии всем экологическим стандартам и наличие свидетельств прохождения ТО техникой;

- контролировать с пристрастием не только данные на бумаге, но и само техническое состояние техники, которую задействует подрядчик при строительных работах;
- проверять в каком режиме работают машины и механизмы на стройплощадке.

При эксплуатации объекта строительства загрязняющих веществ в атмосферный воздух не выделяется. При производстве строительных работ источниками шума и вибрации на промышленной площадке будет являться строительная техника и автотранспорт.

Когда будет строиться и введена в эксплуатацию ВЛ, уровень шума не превысит требований санитарных норм СН 2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки», поэтому мероприятия по снижению производственного шума и вибрации настоящим проектом не предусматриваются. Воздействие на почвы в период строительства объекта будет производиться в период прокладки КЛ.

После выполнения работ весь изъятый грунт будет возвращён на место. Мероприятия по исключению негативного воздействия на почвы когда будет проходить стройка:

- строительно-монтажные работы будут выполняться строго в границах отведенной территории;
- возможность применения только технически исправного автотранспорта и спецтехники, с отрегулированной топливной аппаратурой, исключающей потери горюче-смазочных материалов и их попадание в грунт.

При эксплуатации объектов электроснабжения воздействие на почву отсутствует. Во время строительства вредных и токсичных сбросов в водные объекты не предусматривается. Обращение с отходами в период проведения строительно-монтажных работ предусматривает сбор образующихся отходов и вывоз их на производственную базу с последующей утилизацией.

Ответственным за сбор и вывоз мусора с территории работ является бригадир. Шумовое воздействие от автотранспорта и строительных механизмов будет осуществляться в дневное время и носит кратковременный характер.

В соответствии с требованиями «Санитарных норм и правил защиты населения от воздействия электрического поля создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты» № 2971-84 защита населения от воздействия электрического тока, создаваемого КЛ-0,4-10 кВ, не требуется [10].

Результаты оценки воздействия объекта строительства на окружающую среду. В данном проекте предусматривается строительство ТП-10/0,4 кВ.

В период строительства воздействие на атмосферный воздух будет осуществлять строительная техника. Технология выполнения строительномонтажных работ не требует одновременной работы большого количества строительных механизмов и транспортных средств. Поэтому суммарный выброс вредных веществ в атмосферу будет не заметен на фоне других строек, которые ведутся в данном районе.

Чтобы снизить выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух надо бы предусмотреть:

- при заключении договоров с подрядчиком уточнить о технике, применяемой им, а именно о соответствии всем экологическим стандартам и наличие свидетельств прохождения ТО техникой;
- контролировать с пристрастием не только данные на бумаге, но и само техническое состояние техники, которую задействует подрядчик при строительных работах;
- проверять в каком режиме работают машины и механизмы на стройплощадке.

При эксплуатации объекта строительства загрязняющих веществ в атмосферный воздух не выделяется.

#### 4.2.5 Акустическое загрязнение атмосферы.

Расстояние от жилых зданий до трансформаторной подстанции принято не менее 10 м для обеспечения допустимых нормальных уровней звукового давления (шума) [13].

#### 4.2.6 Мероприятия по охране недр.

Воздействие на почвы в период строительства объекта будет производиться в период устройства фундамента. После установки кабельных прямков весь изъятый грунт будет возвращён на место и утрамбован.

Мероприятия по исключению негативного воздействия на почвы на период проведения строительных работ:

- строительно-монтажные работы будут выполняться строго в границах отведенной территории;
- возможность применения только технически исправного автотранспорта и спецтехники, с отрегулированной топливной аппаратурой, исключающей потери горюче-смазочных материалов и их попадание в грунт.

При эксплуатации объектов электроснабжения воздействие на почву отсутствует. Во время строительства вредных и токсичных сбросов в водные объекты не предусматривается. Обращение с отходами в период проведения строительно-монтажных работ предусматривает сбор образующихся отходов и вывоз их на производственную базу с последующей утилизацией. Ответственным за сбор и вывоз мусора с территории работ является бригадир [8], [10].

#### 4.2.7 Мероприятия по охране труда.

Все работы должны выполняться с соблюдением требований СТО 01.О11.01-2020, СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве», а также с Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок [7], [14].



#### 4.2.8 Пожарная безопасность. ГО и ЧС.

Пожарная безопасность стройки должна быть обеспечена:

- использование негорючих материалов;
- автоматической защитой от токов не нормальных режимов работы сети, когда напряжение падает, а ток растет, что может привести к плачевным последствиям;
- заземлением корпусов аппаратов.

Дополнительных мероприятий и иных противопожарных действий ГО и ЧС проект не предусматривает.

Вывод по разделу:

Введение в эксплуатацию новой школы микрорайона почти завершено. Для нее и соседнего многоквартирного дома были выбраны марки кабеля линий электропередач низкого напряжения 0,4 кВ. Произведены расчеты и учтены все факторы, которые могут повлиять на исправную подачу электричества в новую школу и соседний МКД. Были проведены мероприятия по охране труда, была проведена проверка по обеспечению пожарной безопасности объектов, с учетом того, что в одном из них будут на постоянной основе находиться дети [10].

## Заключение

На основании заявления на технологическое присоединение электроустановок потребителя в лице Администрации МО «Котлас» были проведены расчеты требуемой системы электроснабжения для обеспечения бесперебойной подачи электроэнергии в новой школе и соседнем МКД.

Исходя из полученных расчетов, были выбраны оптимальные решения из представленных на рынке заводами – изготовителями отвечающие не только соответствием стандартам, но и веянием времени.

По результатам выполнения работы решены задачи:

- произведен расчет требуемой системы электроснабжения;
- выбраны и проверены кабели для подключения объектов заявителя;
- выбраны номинальные значения напряжений, количество и мощности силовых трансформаторов;
- произведены расчеты кабельных линий микрорайона 0,4 кВ, проведена их проверка на потери;
- рассчитано заземление БКТП.

Следующие системы для БКТП были предоставлены в стандартном виде, в котором они комплектуются с завода изготовителя: шкаф собственных нужд со комплектным устройством АВР; шкаф ОПС, ТМ и АСКУЭ; система отопления; система ОПС; система ТМ; система АСКУЭ; система освещения и розеточная сеть; система блокировок; система вентиляции и были установлены изначально [10].

Предлагаемые решения по электроснабжению новой школы и соседнего МКД обеспечат надежную бесперебойную подачу энергии для всех потребителей.

Электрооборудование и технические решения, которые были выбраны, послужат гарантией безопасной эксплуатации системы электроснабжения с наименьшими организационными и экономическими потерями.

## Список используемой литературы

1. ГОСТ Р 50571.5.52-2011. Электроустановки низковольтные. Часть 5-52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки. М.: Стандартинформ, 2011. 68 с.
2. ГОСТ 11677-85. Трансформаторы силовые. Общие технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 1985. 38 с.
3. ГОСТ 14209-85. Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов. М.: Энергия, 1985. 36 с.
4. ГОСТ 32144-2013. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего значения. М.: Стандартинформ, 2013. 16 с.
5. ГОСТ Р 52736-2007. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета электродинамического и термического действия тока короткого замыкания. М.: Стандартинформ, 2007. 41 с.
6. Колюхова Е.А. Электроснабжение объектов. М.: Академия, 2021. 400 с.
7. Немировский А.Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций. М.: Инфра-Инженерия, 2020. 174 с.
8. Правила устройства электроустановок, издание 7. М.: ЦентрМаг, 2022. 584 с.
9. Приказ N 811 «Об утверждении правил технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии». М., 2022. 162 с.
10. Проектная документация. Электроснабжение жилого района города, 2022. 136 с.
11. РД 34.20.185-94. Инструкция по проектированию городских электрических сетей. – Москва: Изд-во стандартов, 1994. 30 с.
12. РД 34.45-51.300-97 «Объем и нормы испытания электрооборудования». М., 1997. 259 с.

13. СН 2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». М., 1996. 21 с.
14. СНиП 12-01-2004 «Организация строительства». – Введ. 12.01.2004. М, 2004. 87 с.
15. СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве», часть 1 Общие требования. М., 2001. 48 с.
16. СНиП 3.05.06-85 «Электротехнические устройства». – Введ. 01.07.1986. – М.: Стандартиформ, 1985. 58 с.
17. СТО 01.011.01-2020. Работы и проекты курсовые и дипломные, отчеты технические. Правила оформления. М., 2020. 72 с.
18. СТО 34.01-23.1-001-2017. Объем и нормы испытаний электрооборудования. –Введ.02.08.2017. М., 2017. 262 с.
19. Фролов Ю. М., Шемякин В.П. Основы электроснабжения. М.: Лань, 2022. 480 с.
20. Щербаков Е. Ф., Александров Д. С. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях. М.: Форум, Инфра-М, 2019. 495 с.