

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»

институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ А.С. Торопов
подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2024 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Электроснабжение СПК «Лесной» г. Снежинск Челябинской области

тема

Руководитель

подпись, дата

к.э.н., доцент

должность, ученая степень

Н. В. Дулесова

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

Н. И. Оленников

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

И.А. Кычакова

инициалы, фамилия

Абакан 2024

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»

институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.С. Торопов

«__» _____ 2024 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в виде бакалаврской работы

Студенту Оленникову Никите Ивановичу
(фамилия, имя, отчество)

Группа ЗХЭн19-01 (З-19)

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код) (наименование)

Тема выпускной квалификационной работы Электроснабжение СПК «Лесной»
г. Снежинск Челябинской области

Утверждена приказом по институту № 260 от 07.05.2024 г.

Руководитель ВКР Дулесова Н. В., доцент кафедры «ЭМиАТ»
(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для ВКР: План участков, сведения о потребителях и
источнике питания

Перечень разделов ВКР:

Введение

1 Теоретическая часть

1.1 Характеристика СПК «Лесной»

1.2 Методика расчета электрических нагрузок дачных массивов и определения потерь в распределительных сетях

2. Аналитическая часть

2.1 Выбор места установки трансформаторной подстанции и трасс линий 0,4 кВ и 10 кВ

2.2 Разбиение потребителей СПК на группы и расчет силовой нагрузки

2.3 Расчет нагрузки уличного освещения

3 Практическая часть

3.1 Выбор подстанции

3.2 Выбор питающих проводов линий 10 кВ и 0,4 кВ на основе СИП

3.3 Выбор коммутационно-защитных аппаратов

3.4 Расчет токов к.з. Проверка оборудования

3.5 Расчет стоимости строительства электрических сетей

Заключение

Список использованных источников

Перечень графического материала

1. План электрических сетей СПК «Лесной»

2. Однолинейная схема электроснабжения СПК «Лесной»

3. Расчет стоимости строительства электрических сетей СПК «Лесной»

Руководитель ВКР _____ / Н. В. Дулесова
(подпись, инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению _____ / Н. И. Оленников
(подпись, инициалы и фамилия студента)

«02» марта 2024 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Электроснабжение СПК «Лесной» г. Снежинск Челябинской области» содержит 59 страниц текстового документа, 27 использованных источников, 3 листа графического материала, 3 приложения.

САДОВОДЧЕСКИЙ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЙ КООПЕРАТИВ, ЛЕТНИЙ ДОМ, ДАЧНЫЙ УЧАСТОК, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ, ПОДСТАНЦИЯ, ОСВЕЩЕНИЕ, ТРАНСФОРМАТОР СИЛОВОЙ, САМОНЕСУЩИЙ ИЗОЛИРОВАННЫЙ ПРОВОД, КОММУТАЦИОННО-ЗАЩИТНЫЙ АППАРАТ, ТОК КЗ, СТОИМОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ.

Объект исследования – СПК «Лесной» г. Снежинск Челябинской области.

Предмет исследования – методики расчета электрической сети.

Целью бакалаврской работы является проектирование системы электроснабжения СПК «Лесной» г. Снежинск Челябинской области с целью снабжения электроэнергией новых потребителей.

В теоретической части рассмотрена методика определения расчетной мощности летнего дома дачного участка, описание методик расчета электрических нагрузок дачных массивов, обоснование выбранной методики расчета, а также методика определения потерь в распределительных сетях.

В аналитической части произведен выбор мест установки трансформаторной подстанции и схемы прокладки линий 0,4 кВ и 10 кВ. Выполнено разбиение потребителей СПК «Лесной» на группы и расчет силовой нагрузки групп. Для последующего выбора силовых трансформаторов на подстанциях произведен расчет осветительной нагрузки уличного освещения.

В практической части произведен выбор проводов СИП и коммутационно-защитных аппаратов разработанной схемы электроснабжения. Для проверки выбранного электрооборудования произведен расчет токов короткого замыкания.

Практическая значимость исследований обусловлена тем, что предложенные виды электрооборудования и технические решения, касающиеся системы электроснабжения СПК, могут быть использованы для реконструкции и проектирования сельских, поселковых, коттеджных, дачных и других подобных объектов на напряжении 0,4, 6-10 кВ.

THE ABSTRACT

The final qualifying work on the topic “Power supply of the SEC “Lesnoy”, Snezhinsk, Chelyabinsk region” contains 59 pages of text document, 27 used sources, 3 sheets of graphic material, 3 appendices.

GARDENING CONSUMER CO-OPERATIVE, SUMMER HOUSE, HOLIDAY AREA, ELECTRICAL LOAD, SUBSTATION, LIGHTING, POWER TRANSFORMER, SELF-SUPPORTING INSULATED WIRE, SWITCHING DEVICE, SCHOOL CURRENT, COST PAGE ELECTRIC NETWORK DEVICES.

The object of the study is the agricultural production complex “Lesnoy”, Snezhinsk, Chelyabinsk region.

The subject of the study is the project of the electrical network of the Lesnoy agricultural production complex.

The purpose of the bachelor's thesis is to design the power supply system of the SEC "Lesnoy" in Snezhinsk, Chelyabinsk region in order to supply electricity to new consumers.

The theoretical part examines the methodology for determining the estimated power of a summer house in a summer cottage, a description of the methods for calculating the electrical loads of summer cottages, the rationale for the chosen calculation method, as well as the method for determining losses in distribution networks.

In the analytical part, the selection of installation locations for the transformer substation and the layout of 0.4 kV and 10 kV lines was made. The consumers of the village were divided into groups and the power load of the groups was calculated. For the subsequent selection of power transformers at substations, the lighting load of street lighting was calculated.

In the practical part, the selection of SIP wires and switching and protective devices of the developed power supply circuit was made. To check the selected electrical equipment, short circuit currents were calculated.

The practical significance of the research is due to the fact that the proposed types of electrical equipment and technical solutions relating to the power supply system of the agricultural complex can be used for the reconstruction and design of rural, township, cottage, country and other similar facilities at a voltage of 0.4, 6-10 kV.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Теоретическая часть.....	9
1.1 Характеристика СПК «Лесной»	9
1.2 Методика расчета электрических нагрузок дачных массивов и определения потерь в распределительных сетях.....	10
2 Аналитическая часть.....	14
2.1 Выбор места установки трансформаторной подстанции и трасс линий 0,4 кВ и 10 кВ	14
2.2 Разбиение потребителей СПК на группы и расчет силовой нагрузки ..	19
2.3 Расчет нагрузки уличного освещения.....	22
3 Практическая часть	24
3.1 Выбор подстанции	24
3.2 Выбор питающих проводов линий 10 кВ и 0,4 кВ на основе СИП	26
3.3 Выбор коммутационно-защитных аппаратов	39
3.4 Расчет токов к.з. Проверка оборудования	43
3.5 Расчет стоимости строительства электрических сетей.....	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	54

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время наметилась перспектива развития в России электрификации частных участков, в том числе садоводческих, в свете государственной федеральной программы. При этом эффективность затрат на электрификацию таких объектов как децентрализованных потребителей рассматривается как один из наиболее значимых приоритетных критериев [1–3].

Обеспечение потребности в электроэнергии населения, промышленности и сельского хозяйства электрической энергией, особенно в новых строящихся районах, требует развития электрических сетей для электроснабжения вновь вводимых потребителей электроэнергии.

Подключение электричества – это обязательная процедура для того, чтобы местная администрация признала дом жилым. Проведение электричества доступно как на участках с уже построенным домом, так и на территории без строений. Во втором случае сетью можно пользоваться через счетчик в отдельно установленном металлическом ящике [6].

Договор об осуществлении технологического присоединения к электросетям отдельно взятого потребителя заключается с ближайшей территориальной сетевой организацией. Либо это может быть сделано централизованно, например через председателей садоводческих товариществ, которые могут собирать средства с владельцев участков по смете и закупить трансформаторные подстанции, опоры, линии электропередач и в целом все, что с этим связано согласно сметным расчетам или локальным сметам.

Стоимость услуг рассчитывается в рамках подготовки проекта договора об осуществлении технологического присоединения конкретного объекта, исходя из подготовленного по результатам рассмотрения заявки технического решения.

Технологическое присоединение – это услуга, которую оказывают сетевые компании для выдачи электрической мощности, и предусматривающая фактическое присоединение энергопринимающих устройств (энергетических установок) потребителей к объектам электросетевого хозяйства. Для частных лиц максимальная мощность подключаемого устройства не должна превы-

шать 15 кВт [9].

Наиболее распространенный способ подключения с применением изолированного провода СИП. Он должен входить в дом на высоте не ниже 2,75 м, а столб, служащий опорой для провода, должен быть на расстоянии не более 10-20 м от объекта [8].

Объект исследования – СПК «Лесной» г. Снежинск Челябинской области.

Предмет исследования – методики расчета электрической сети.

Целью бакалаврской работы является проектирование системы электроснабжения СПК «Лесной» г. Снежинск Челябинской области с целью электроснабжения новых потребителей.

Задачи исследования:

- обосновать методику определения максимальной расчетной мощности, методики расчета электрических нагрузок дачных массивов и выбранную методику расчета, а также методику определения потерь в распределительных сетях;

- произвести выбор места установки трансформаторной подстанции и схемы прокладки линий 0,4 кВ и 10 кВ;

- выполнить разбиение потребителей СПК «Лесной» на группы и произвести расчет силовой нагрузки этих групп;

- рассчитать осветительную нагрузку уличного освещения;

- выбрать силовые трансформаторы на подстанциях, кабельно-проводниковую продукцию и коммутационно-защитные аппараты;

- сделать проверку оборудования предложенного варианта сети на основании расчета токов короткого замыкания;

- произвести расчет стоимости строительства электрических сетей.

Практическая значимость работы обусловлена тем, что предложенные виды электрооборудования и технические решения, касающиеся системы электроснабжения СПК, могут быть использованы для реконструкции и проектирования сельских, поселковых, коттеджных, дачных и других подобных объектов на напряжении 0,4, 6-10 кВ.

1 Теоретическая часть

1.1 Характеристика СПК «Лесной»

Район расположения СПК «Лесной» сосредоточен на восточном склоне Среднего Урала. Форма рельефа – холмистая равнина.

СПК «Лесной» расположен в территориальных административных границах г. Снежинск Челябинской области. Среди близлежащих объектов находятся другие СПК, а также промышленно-коммунальные зоны, среди которых можно выделить: кустарные и мелкосерийные предприятия, мебельный цех, сады-огороды, полигон, предприятие ООО «Альфа», остальные объекты являются недействующими (склад ГСМ РФЯЦ-ВНИИТФ, ЦАРМ, ДОК, карьер, Химпласт), Приложение А.

В Приложении Б представлена схема расположения территории СПК «Лесной» относительно других объектов. План расположения дачных участков СПК «Лесной» представлен в Приложении В.

Все дороги СПК имеют асфальтовое покрытие, главная улица Лесная имеет протяженность 0,4 км, а второстепенные в сумме составляют 1,4 км. Ширина главной улицы (асфальтового покрытия, проезжей части) – 7,5м, а ширина второстепенных улиц (асфальтового покрытия проезжей части) – 5м.

Всего в СПК «Лесной» 103 объекта недвижимости (дачных участка), которые располагаются относительно центральной улицы и делятся на следующие проезды: Тополиный (22 земельных участка), Дубовый (28 земельных участков), Кедровый (18 земельных участков), Каштановый (10 земельных участков), Липовый (8 земельных участков), Кленовый (11 земельных участков), ул. Садовая (6 земельных участков).

Все дачные участки в СПК «Лесной» являются газифицированными, а этот ресурс используется в целях отопления и бытовых нужд. Давление с высокого, которая имеется в подающем магистральном газопроводе, понижается до среднего на ответвлениях и далее газ распределяется по потребителям.

Электроснабжение может быть осуществлено от ЛЭП-10 кВ, которая проходит по западной границе СПК «Лесной» и от которой может быть запитана МТП кооператива и далее уже все летние дома дачных участков.

1.2 Методика расчета электрических нагрузок дачных массивов и определения потерь в распределительных сетях

На начальной стадии проектирования, когда практически неизвестны точные данные электроприемников, но необходимо получить технические условия на присоединение электрической мощности, возникает вопрос, как рассчитать величину установленной мощности потребителей и на этой основе определить расчетную нагрузку на вводе в летный дом дачного участка. В удельных расчетных нагрузках за основу принято, что расчетная нагрузка отдельного летнего дома дачного участка или небольшого числа таких домов определяется приборами эпизодического пользования [15].

Максимальная нагрузка одного летнего дома дачного участка может быть определена согласно РД 34.20.185-94 [15] и по источнику [6] в зависимости от количества и характера электроприемников, использующихся в летнем доме дачного участка.

Т.к. все дачные участки СПК «Лесной» газифицированы, то большая установленная мощность не требуется, поскольку для бытовых нужд и отопления используется природный газ. Соответственно, электрическая энергия может быть использована для подключения телевизоров, холодильников, для зарядки гаджетов и других устройств бытовой электроники.

Поэтому принимаем максимальную нагрузку одного частного летнего дома дачного участка равной 6,0 кВт [14] (с учетом дополнительных удобств, связанных с работой кондиционеров в домах), т.е. по максимальной разрешенной мощности с учетом кондиционеров и без использования электрического отопления и электроплит, а коэффициент мощности при этом принимается равным 0,93 (для максимума вечерней нагрузки) во всех последующих расчетах [6]. В этой связи установленная (суммарная) мощность частных летних домов дачных участков составит величину 618 кВт.

Расчетная максимальная нагрузка от таких электроприемников, как частные жилые дома, питаемых по проводам СИП 0,4кВ от ТП 10/0,4 кВ,

может быть определена согласно РД 34.20.185-94 [15] и по источнику [6] в зависимости от количества и характера электроприемников, использующихся в том или ином частном доме. Т.к. рассматриваются жилые дома с электроплитами и водонагревателями, то, учитывая коэффициенты одновременности для электрических нагрузок в сетях напряжением 0,4 кВ для такого вида объектов, необходимо использовать формулу для расчета нагрузки:

$$P_{\max} = P_m \cdot n \cdot K_o, \quad (2.1)$$

где P_m – максимальная нагрузка одного частного дома (варьируется в зависимости от характера электроприемников и квадратуры дома);

n – количество частных домов, подключенных к магистральной линии (или ее отдельному участку (сегменту));

K_o – коэффициент одновременности, зависящий от количества электроприемников, питающихся от того или иного участка линии [6]. Промежуточные значения из справочной таблицы берутся по принципу линейного интерполирования.

Добавки к расчетной мощности не используем, т.к. однородные потребители отличаются по установленной мощности менее чем в 4 раза [6].

При количестве МТП в населенном пункте до 20 шт., коэффициент одновременности для электрических нагрузок в сетях напряжением 10 кВ могут быть определены по [6]: при числе МТП, равном 2, составляет $K_o = 0,9$ и т.д.

При той или иной принятой нагрузке одного дома в дальнейшем, разбиваем дома по подстанциям, оцениваем загрузку каждой подстанции, потом принимаем решение о необходимости выбора определенного сечения питающих проводников (проводов СИП), трансформаторов на МТП.

Потеря напряжения в линии (или ее участке, если нагрузки участков различны) [6]:

$$\Delta U_{л} = \sqrt{3} \cdot I_{л} \cdot L_{л} \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi); \quad (1.2)$$

$$\Delta U_{л} = \frac{S_{л}}{U_{н}} \cdot L_{л} \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi); \quad (1.3)$$

$$\Delta U_{л} = \frac{P_{л} \cdot R_{л} + Q_{л} \cdot X_{л}}{U_{н}} = \frac{P_{л} \cdot r_0 + Q_{л} \cdot x_0}{U_{н}} \cdot L_{л}, \quad (1.4)$$

где сопротивления линии:

$$R_{л} = L_{л} \cdot r_0; \quad (1.5)$$

$$X_{л} = L_{л} \cdot x_0; \quad (1.6)$$

Суммарные потери напряжения до наиболее удаленного потребителя не должны превышать предела 10% от номинального напряжения.

Наиболее распространенным методом расчета технических потерь мощности является метод максимальных потерь, согласно которому потери энергии определяются по максимальной нагрузке и числу часов использования максимума нагрузок [6, 15].

Потери активной мощности в трехфазной линии по формуле [6]:

$$\Delta P_{\max} = 3 \cdot I_{\max}^2 \cdot R_{л}, \quad (1.7)$$

где активное сопротивление линии определяется формулой (1.4).

Потери активной энергии в линии:

$$\Delta W_{л} = \Delta P_{л} \cdot \tau. \quad (1.8)$$

Потери активной мощности в однострансформаторной МТП:

$$\Delta P_T = \Delta P_x + \Delta P_k \cdot \left(\frac{S_{max}}{S_{ном.тр.}} \right)^2. \quad (1.9)$$

где $\Delta P_{кз}$ и $\Delta P_{хх}$ – потери к.з. и х.х. трансформатора, кВт.

Потери энергии в трансформаторе МТП:

$$\Delta W_T = \Delta P_x \cdot 8760 + \Delta P_k \cdot \left(\frac{S_{max}}{S_{ном.тр.}} \right)^2 \cdot \tau. \quad (1.10)$$

Полные и реактивные мощности, и расчетные токи, протекающие по каждому участку СИП со своей нагрузкой [6]:

$$S_p = P_p / \cos\varphi, \quad (1.11)$$

$$Q_p = \sqrt{S_p^2 - P_p^2}, \quad (1.12)$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}. \quad (1.13)$$

Ниже в расчётах приведенные формулы будут использоваться для нахождения расчётных нагрузок участков и ответвлений питающих линий в сетях напряжением 10 кВ и 0,4 кВ, а также для вычисления потерь напряжения, мощности и электроэнергии в линиях, выполненных проводами СИП.

2 Аналитическая часть

2.1 Выбор места установки трансформаторной подстанции и трасс линий 0,4 кВ и 10 кВ

Место установки трансформаторных подстанций выбирается по возможности (при наличии места) ближе к центру электрических нагрузок (ЦЭН) СПК «Лесной». Определение ЦЭН СПК «Лесной» сводится к определению координат летних домов дачного массива с целью сокращения длины проводов [1, 16]:

$$X_{ц(P)} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i * X_i}{\sum_{i=1}^n P_i}; Y_{ц(P)} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i * Y_i}{\sum_{i=1}^n P_i}, \quad (2.1)$$

где P_i – активная мощность i -го летнего дома дачного участка; X_i, Y_i – координаты летнего дома дачного участка.

После определения теоретического ЦЭН необходимо в дальнейшем его при необходимости сместить в наиболее удобное место для монтажа [15].

Для МТП определяем ЦЭН (таблица 2.1, рисунок 2.1). Масштаб на этом листе принимается равным: в 1 мм – 2 метра, т.е. 1:2000. За точку отчета возьмем левый нижний край прямоугольника, обозначенного пунктиром на схеме рисунка 2.1. В этот прямоугольник на плане вписан весь СПК «Лесной». Картограмму нагрузок строить не имеет смысла, т.к. все участки имеют одинаковую мощностную нагрузку, т.е. имеют одинаковый «вес» в определении ЦЭН (фактически месторасположение ЦЭН будет соответствовать геометрическому центру относительно совокупности условных центров нагрузок каждого участка, расположенных в местах нахождения дачных домов).

Координаты ЦЭН получились равными следующим значениям:

$$X_{цЭН} = 276 \text{ м}; Y_{цЭН} = 250,8 \text{ м}.$$

На рисунке 2.1 показано смещение МТП от ЦЭН в фактическое месторасположение, т.к. в непосредственно в месте ЦЭН расположить МТП негде из-за отсутствия места и загромождения (перекрытия) дороги.

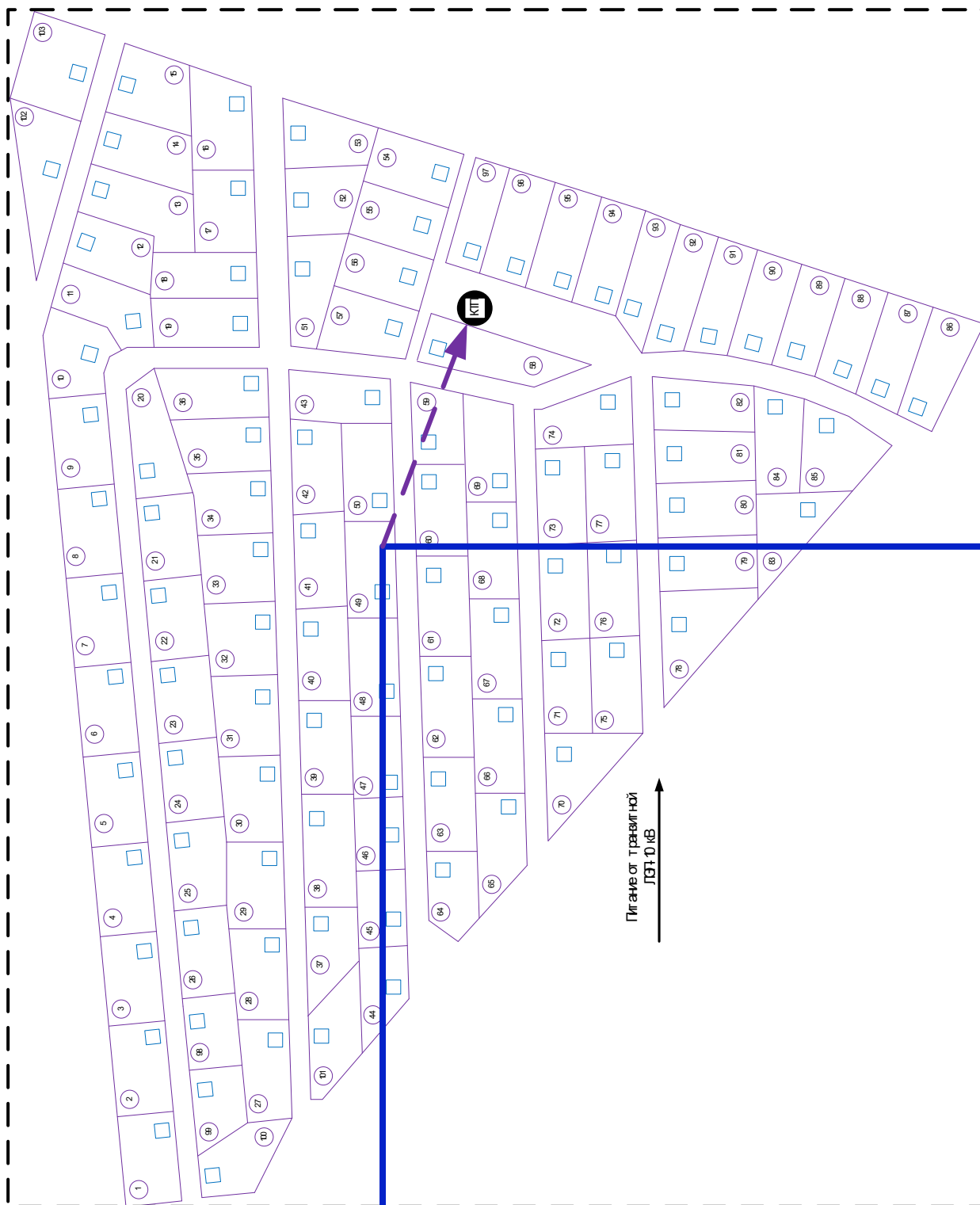


Рисунок 2.1 – Определение ЦЭН по предложенному варианту

Таблица 2.1 – Определение координат дачных участков и ЦЭН

Наименование	Обозначение на плане	P, кВт	Xi, м	Yi, м	PiXi	PiYi
1	2	3	4	5	6	7
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №1	6,0	33	343	198	2058
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №2	6,0	70	348	420	2088
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №3	6,0	108	350	648	2100
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №4	6,0	145	355	870	2130
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №5	6,0	183	360	1098	2160
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №6	6,0	220	363	1320	2178
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №7	6,0	255	365	1530	2190
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №8	6,0	295	370	1770	2220
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №9	6,0	330	373	1980	2238
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №10	6,0	355	375	2130	2250
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №11	6,0	370	355	2220	2130
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №12	6,0	403	375	2418	2250
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №13	6,0	425	368	2550	2208
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №14	6,0	445	363	2670	2178
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №15	6,0	468	358	2808	2148
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №16	6,0	460	310	2760	1860
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №17	6,0	425	310	2550	1860
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №18	6,0	390	310	2340	1860
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №19	6,0	370	310	2220	1860
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №20	6,0	308	350	1848	2100
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №21	6,0	290	348	1740	2088
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №22	6,0	255	345	1530	2070
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №23	6,0	223	340	1338	2040
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №24	6,0	188	338	1128	2028
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №25	6,0	153	335	918	2010
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №26	6,0	118	330	708	1980
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №27	6,0	70	295	420	1770
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №28	6,0	110	298	660	1788

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №29	6,0	145	299	870	1794
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №30	6,0	180	300	1080	1800
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №31	6,0	215	301	1290	1806
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №32	6,0	245	301	1470	1806
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №33	6,0	275	303	1650	1818
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №34	6,0	300	303	1800	1818
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №35	6,0	323	305	1938	1830
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №36	6,0	343	305	2058	1830
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №37	6,0	118	278	708	1668
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №38	6,0	163	278	978	1668
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №39	6,0	203	280	1218	1680
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №40	6,0	240	280	1440	1680
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №41	6,0	283	283	1698	1698
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №42	6,0	323	285	1938	1710
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №43	6,0	338	255	2028	1530
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №44	6,0	93	248	558	1488
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №45	6,0	120	248	720	1488
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №46	6,0	155	249	930	1494
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №47	6,0	178	249	1068	1494
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №48	6,0	215	250	1290	1500
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №49	6,0	258	250	1548	1500
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №50	6,0	295	253	1770	1518
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №51	6,0	393	285	2358	1710
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №52	6,0	423	285	2538	1710
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №53	6,0	450	288	2700	1728
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №54	6,0	433	228	2598	1368
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №55	6,0	410	235	2460	1410
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №56	6,0	390	240	2340	1440
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №57	6,0	368	248	2208	1488

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №58	6,0	358	228	2148	1368
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №59	6,0	320	233	1920	1398
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №60	6,0	303	233	1818	1398
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №61	6,0	265	230	1590	1380
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №62	6,0	223	229	1338	1374
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №63	6,0	180	228	1080	1368
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №64	6,0	140	225	840	1350
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №65	6,0	168	198	1008	1188
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №66	6,0	205	200	1230	1200
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №67	6,0	248	200	1488	1200
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №68	6,0	288	203	1728	1218
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №69	6,0	305	203	1830	1218
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №70	6,0	190	175	1140	1050
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №71	6,0	228	178	1368	1068
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №72	6,0	268	178	1608	1068
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №73	6,0	310	180	1860	1080
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №74	6,0	338	158	2028	948
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №75	6,0	233	153	1398	918
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №76	6,0	273	155	1638	930
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №77	6,0	313	155	1878	930
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №78	6,0	243	128	1458	768
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №79	6,0	270	129	1620	774
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №80	6,0	295	129	1770	774
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №81	6,0	315	129	1890	774
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №82	6,0	338	130	2028	780
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №83	6,0	293	73	1758	438
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №84	6,0	335	88	2010	528
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №85	6,0	328	65	1968	390
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №86	6,0	335	28	2010	168

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №87	6,0	343	43	2058	258
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №88	6,0	350	58	2100	348
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №89	6,0	358	78	2148	468
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №90	6,0	363	95	2178	570
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №91	6,0	365	115	2190	690
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №92	6,0	365	133	2190	798
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №93	6,0	375	148	2250	888
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №94	6,0	383	160	2298	960
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №95	6,0	388	175	2328	1050
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №96	6,0	393	195	2358	1170
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №97	6,0	375	215	2250	1290
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №98	6,0	78	328	468	1968
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №99	6,0	50	325	300	1950
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №100	6,0	13	323	78	1938
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №101	6,0	73	278	438	1668
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №102	6,0	433	390	2598	2340
Дачный участок с летним домом	Садовый участок №103	6,0	475	378	2850	2268
ВСЕГО		618,0			170568	154980
					Хр	Ур
Координаты ЦЭН					276	250,8

2.2 Разбиение потребителей СПК на группы и расчет силовой нагрузки

Произведем разбиение потребителей СПК на группы и расчет силовой нагрузки и наметим трассы линий (рисунок 2.2).

Ответвление Ф.1 состоит из следующих цепочек (сегментов) проводов:
МТП-1, 1-2, 2-12, 2-2.6, 2-2.13, 1-1.7.

Ответвление Ф.2 состоит из следующих цепочек (сегментов) проводов:
МТП-1, 1-6, 1-1.4, 1-1.9, 1-1.12.

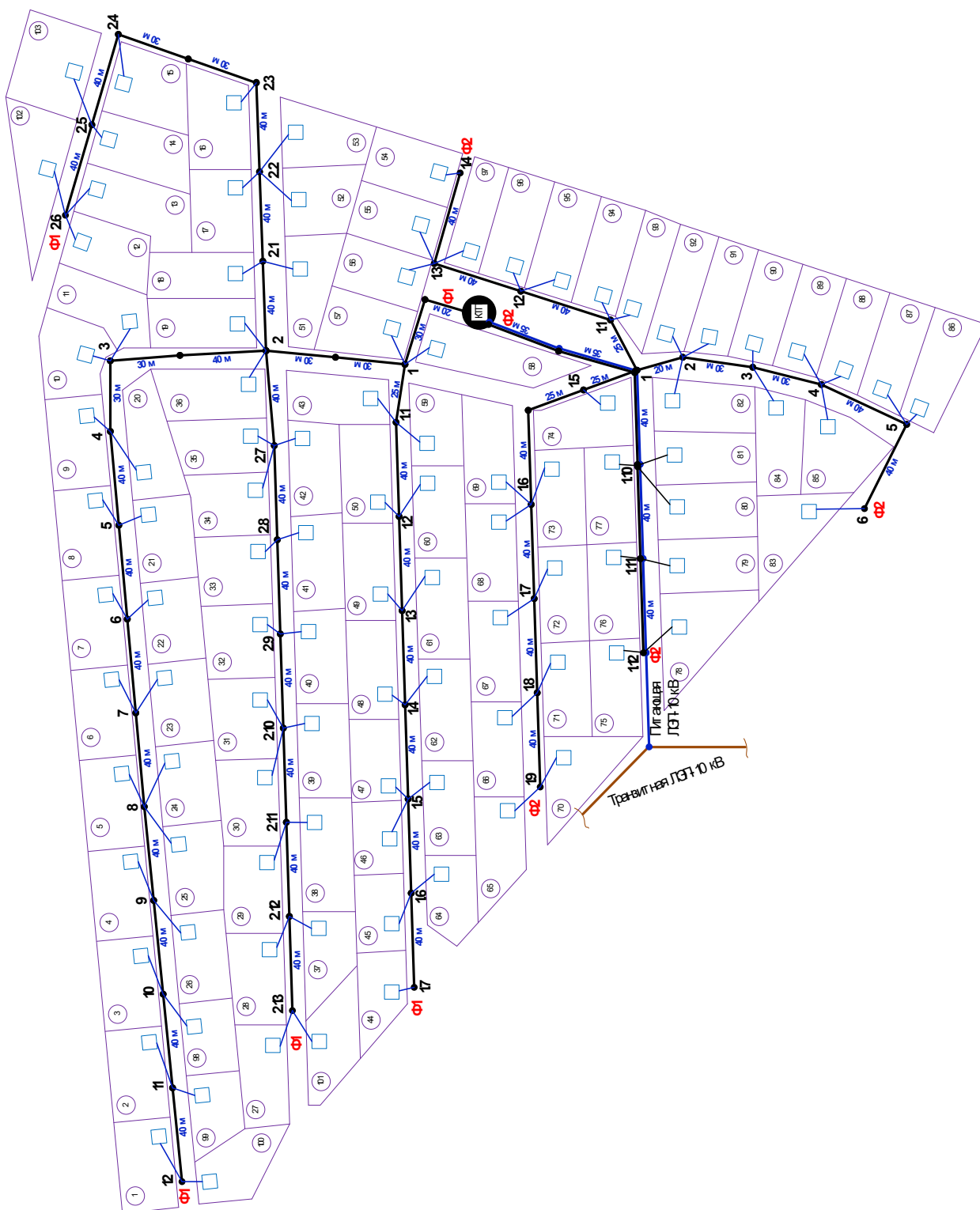


Рисунок 2.2 – Трассы СИП

У одной однотрансформаторной МТП получается всего 2 фидера: Ф.1, Ф.2. Ввиду территориального месторасположения МТП число потребителей на каждом фидере различное: на первом – 67 шт., на втором – 36 шт. Суммарное количество составляет 103 дачных участка.

Расчет нагрузки по участкам ведем с конца каждой линии [6]. Расчеты сводим в таблицу 2.2. Расчеты ведем по методике и по формулам, представленным в п.1.2.

Таблица 2.2 – Расчет электронагрузок СПК «Лесной»

Линия	Начало сегмента	Конец сегмента	Кол-во потребителей	K_0	Суммарная установленная мощность летних домов, кВт	P_p , кВт	S_p , кВА	Q_p , кВар	I_p , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ф.1	11	12	2	0,73	12	8,76	9,419	3,462	14,312
Ф.1	10	11	4	0,56	24	13,44	14,452	5,312	21,958
Ф.1	9	10	6	0,47	36	16,92	18,194	6,687	27,643
Ф.1	8	9	8	0,418	48	20,06	21,574	7,93	32,780
Ф.1	7	8	11	0,37	66	24,42	26,258	9,651	39,896
Ф.1	6	7	13	0,344	78	26,83	28,852	10,605	43,837
Ф.1	5	6	15	0,32	90	28,80	30,968	11,382	47,052
Ф.1	4	5	17	0,308	102	31,42	33,781	12,416	51,326
Ф.1	3	4	19	0,296	114	33,74	36,284	13,336	55,129
Ф.1	2	3	21	0,288	126	36,29	39,019	14,342	59,286
Ф.1	2.5	2.6	3	0,62	18	11,16	12,000	4,411	18,233
Ф.1	2.4	2.5	5	0,5	30	15,00	16,129	5,928	24,506
Ф.1	2.3	2.4	6	0,47	36	16,92	18,194	6,687	27,643
Ф.1	2.2	2.3	7	0,43	42	18,06	19,419	7,138	29,506
Ф.1	2.1	2.2	10	0,38	60	22,80	24,516	9,011	37,249
Ф.1	2	2.1	12	0,36	72	25,92	27,871	10,244	42,347
Ф.1	2.12	2.13	2	0,73	12	8,76	9,419	3,462	14,312
Ф.1	2.11	2.12	4	0,56	24	13,44	14,452	5,312	21,958
Ф.1	2.10	2.11	6	0,47	36	16,92	18,194	6,687	27,643
Ф.1	2.9	2.10	9	0,4	54	21,60	23,226	8,537	35,289
Ф.1	2.8	2.9	11	0,37	66	24,42	26,258	9,651	39,896
Ф.1	2.7	2.8	13	0,344	78	26,83	28,852	10,605	43,837
Ф.1	2	2.7	16	0,314	96	30,14	32,413	11,914	49,248
Ф.1	1	2	51	0,219	306	67,01	72,058	26,486	109,484
Ф.1	1.6	1.7	1	1	6	6,00	6,452	2,371	9,802
Ф.1	1.5	1.6	3	0,62	18	11,16	12,000	4,411	18,233
Ф.1	1.4	1.5	6	0,47	36	16,92	18,194	6,687	27,643

Окончание таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ф.1	1.3	1.4	8	0,418	48	20,06	21,574	7,93	32,780
Ф.1	1.2	1.3	10	0,38	60	22,80	24,516	9,011	37,249
Ф.1	1.1	1.2	12	0,36	72	25,92	27,871	10,244	42,347
Ф.1	1	1.1	14	0,33	84	27,72	29,806	10,956	45,288
Ф.1	МТП	1	67	0,203	402	81,61	87,748	32,253	133,324
Ф.2	5	6	1	1	6	6,00	6,452	2,371	9,802
Ф.2	4	5	3	0,62	18	11,16	12,000	4,411	18,233
Ф.2	3	4	6	0,47	36	16,92	18,194	6,687	27,643
Ф.2	2	3	8	0,418	48	20,06	21,574	7,93	32,780
Ф.2	1	2	11	0,37	66	24,42	26,258	9,651	39,896
Ф.2	1.3	1.4	1	1	6	6,00	6,452	2,371	9,802
Ф.2	1.2	1.3	4	0,56	24	13,44	14,452	5,312	21,958
Ф.2	1.1	1.2	6	0,47	36	16,92	18,194	6,687	27,643
Ф.2	1	1.1	8	0,418	48	20,06	21,574	7,93	32,780
Ф.2	1.11	1.12	2	0,73	12	8,76	9,419	3,462	14,312
Ф.2	1.10	1.11	4	0,56	24	13,44	14,452	5,312	21,958
Ф.2	1	1.10	7	0,43	42	18,06	19,419	7,138	29,506
Ф.2	1.8	1.9	2	0,73	12	8,76	9,419	3,462	14,312
Ф.2	1.7	1.8	4	0,56	24	13,44	14,452	5,312	21,958
Ф.2	1.6	1.7	6	0,47	36	16,92	18,194	6,687	27,643
Ф.2	1.5	1.6	9	0,4	54	21,60	23,226	8,537	35,289
Ф.2	1	1.5	10	0,38	60	22,80	24,516	9,011	37,249
Ф.2	МТП	1	36	0,253	216	54,65	58,761	21,598	89,281

2.3 Расчет нагрузки уличного освещения

Для того чтобы правильно выбрать трансформаторы МТП, необходимо кроме нагрузки летних домов дачных участков учесть нагрузку уличного освещения.

В СПК «Лесной» (см. п.1.1) все дороги выполнены с асфальтобетонными покрытиями, шириной 5 – 7,5 м, суммарная протяженность уличных дорог составляет 1800 м. Согласно нормам нагрузок уличного освещения удельная мощность составляет 3 Вт/м [6, таблица 1.9] при использовании светодиодных светильников. Высота подвеса светильника на опоре – 8,5 м.

Расчетная активная нагрузка наружного освещения, определяется по формуле [23]:

$$P_{\text{но. ул.}} = \sum L_{\text{уд.}} \cdot P_{\text{уд}}, \quad (2.2)$$

где $\sum L_{\text{уд.}}$ – суммарная длина всех улиц села, м;

$P_{\text{уд}}$ – удельная мощность установки, кВт.

По формуле (2.2):

$$P_{\text{но. } \Sigma} = 1800 \cdot 0,003 = 5,4 \text{ кВт.}$$

Реактивная мощность освещения, определяется по формуле:

$$Q_{\text{но. } \Sigma} = P_{\text{но. } \Sigma} \text{tg}\varphi, \quad (2.3)$$

где $P_{\text{но. } \Sigma}$ – суммарная активная нагрузка наружного освещения, кВт;

$\text{tg}\varphi$ – коэффициент мощности уличных светодиодных светильников,

$\text{tg}\varphi = 0,4$ при $\cos\varphi = 0,93$.

Тогда согласно (2.3):

$$Q_{\text{но. } \Sigma} = 5,4 \cdot 0,4 = 2,16 \text{ кВар.}$$

3 Практическая часть

3.1 Выбор подстанции

Условие выбора номинальной мощности одного трансформатора [6]:

$$S_{\text{ном.ТР}} \geq S_{\text{расч}}, \quad (3.1)$$

где $S_{\text{расч}}$ – расчетная нагрузка.

Выберем трансформатор МТП.

Количество потребителей составляет 103 летних дома дачных участков. Коэффициент одновременности при этом составит $K_o = 0,17$ согласно указаниям п.1.1 и источника [6].

Таким образом, расчетная активная мощность МТП составит:

$$P_{\text{расчМТП}} = K_o \cdot n \cdot P_{\text{уч}} = 0,17 \cdot (103 \cdot 6,0) = 105,06 \text{ кВт.}$$

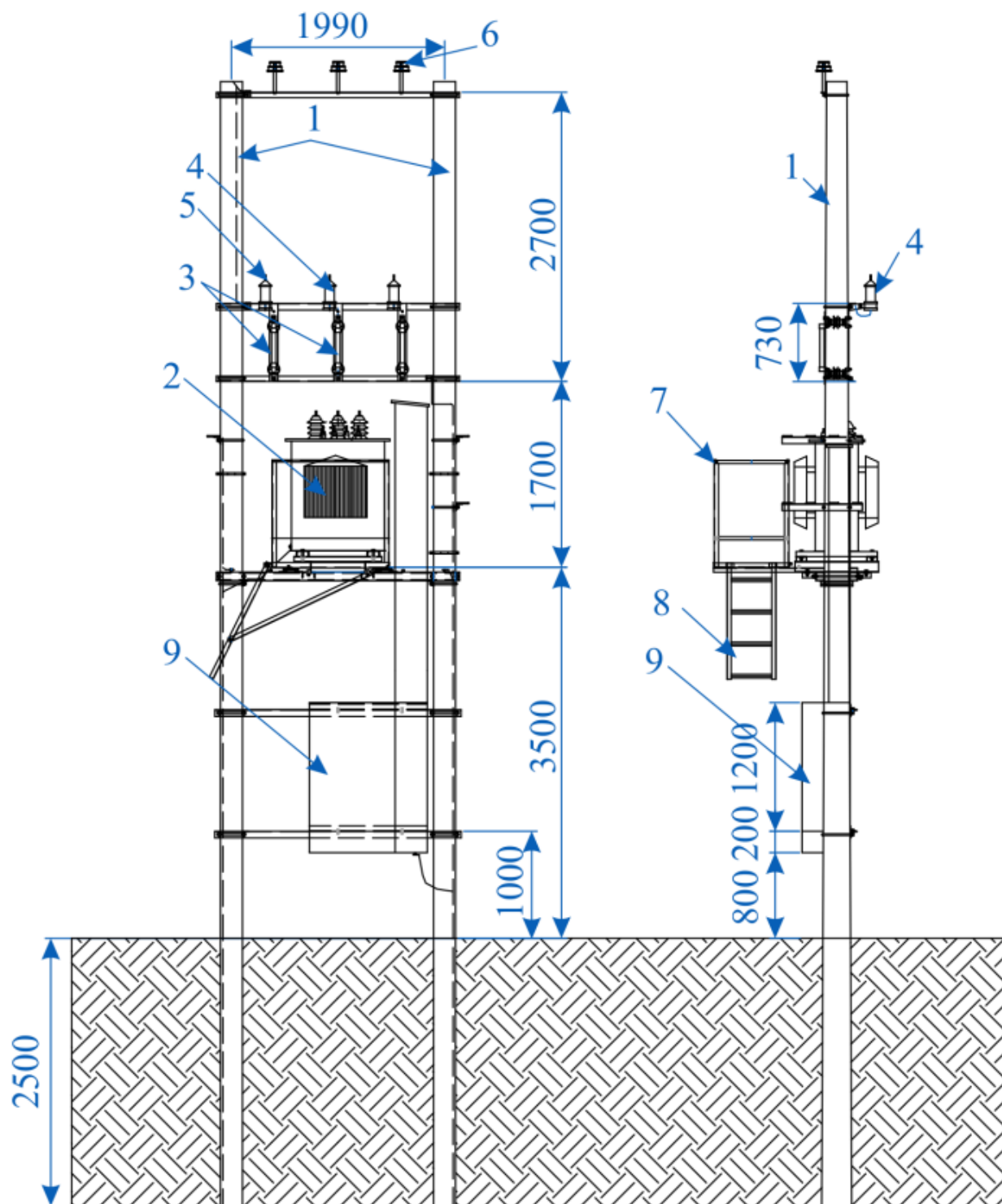
С учетом коэффициента мощности на шинах МТП полная расчетная мощность:

$$S_p = \frac{P_{\text{расчМТП}} + P_{\text{нол}}}{\cos \varphi} = \frac{105,06 + 5,4}{0,93} = 118,8 \text{ кВА.}$$

Принимаем к установке для питания СПК трансформатор типа ТМГ-160/10/0,4 с установкой на мачтовой подстанции типа МТП-160/10/0,4 (рисунок 3.1) [7].

Загрузка трансформаторов составит (для однитрансформаторных МТП рекомендуется не более 90-95% загрузки в нормальном режиме [6]):

$$K_3 = S_p / S_{\text{ном.ТР}} = 118,8 / 160 = 0,74 < 0,9-0,95.$$



1	Железобетонная стойка опоры ВЛ	6	Изолятор
2	Трансформатор	7	Ограждение
3	Предохранители	8	Лестница
4	Ограничитель перенапряжения	9	Шкаф РУНН
5	Разрядник		

Рисунок 3.1 – Мачтовая подстанция МТП-160/10/0,4 столбового типа

Схема электрическая однолинейная МТП-160/10/0,4 представлена на рисунке 3.2.

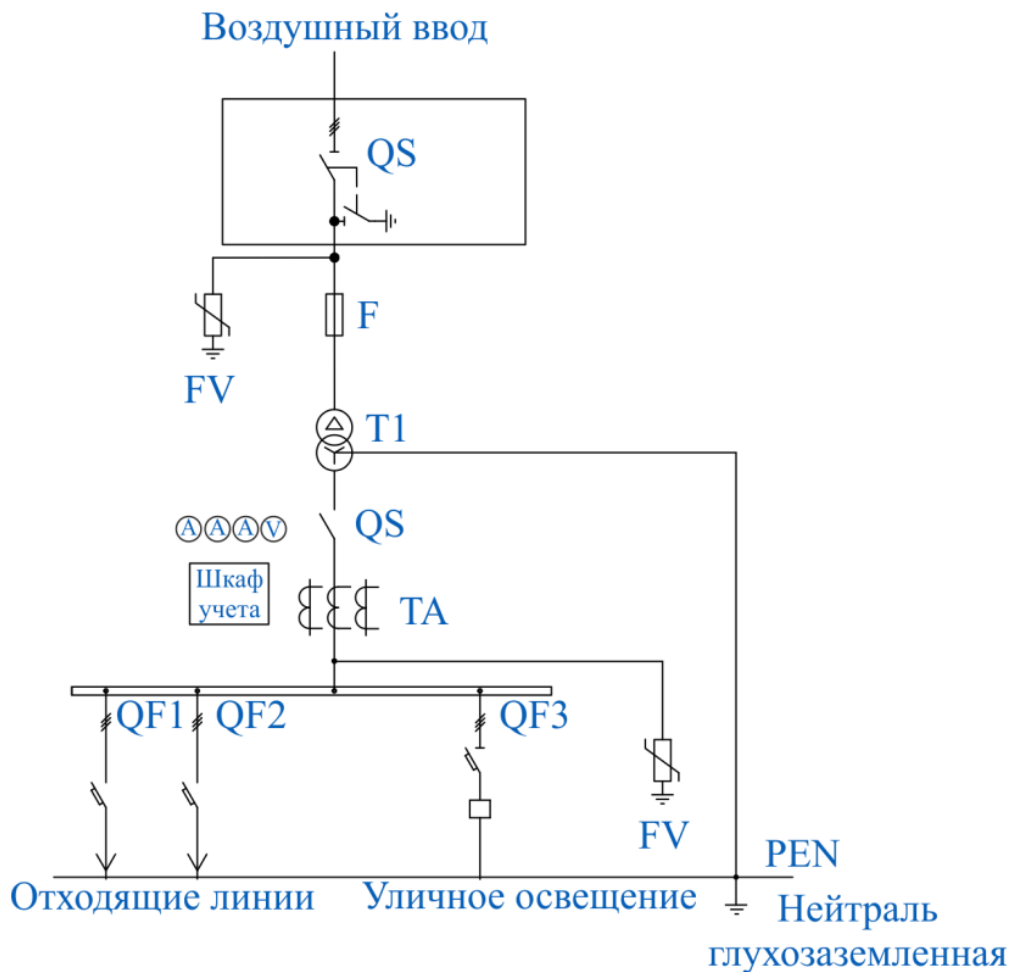


Рисунок 3.2 – Схема электрическая однолинейная МТП-160/10/0,4

3.2 Выбор питающих проводов линий 10 кВ и 0,4 кВ на основе СИП

Выбор сечения линии 10 кВ производят по условию [15]:

$$F_{\text{ЭК}} \geq \frac{I_{\text{р}}}{j_{\text{ЭК}}}, \quad (3.1)$$

где $I_{\text{расч}}$ – расчетный ток линии;

$j_{\text{ЭК}}$ – величина экономической плотности тока [12].

Т.к. к СПК подходит одна питающая линия, то ее можно выбрать по

расчетной нагрузке:

$$I = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (3.2)$$

где S – расчетная мощность СПК, см. п. 3.1.

$$I_p = \frac{118,8}{\sqrt{3} \cdot 10} = 7 \text{ А.}$$

Для СПК при $T_{\text{max}} = 2600$ ч/год – $j_3 = 1,3$ А/мм² [12].

Сечение провода по формуле (3.1):

$$F = \frac{7}{1,3} = 5,4 \text{ мм}^2.$$

Для передачи электроэнергии СПК с помощью МТП от ЛЭП 10 кВ можно выбрать провода марки 3хСИП-3 1х50 (рисунок 3.3) (допустимое сечение по механической прочности, в том числе с учетом условий гололеда, составляет не менее 50 мм²) [8].

Проверим питающую линию 10 кВ по потерям напряжения (ее длина от отпайки транзитной линии и с учетом расстояния от центра питания транзитной линии до районного РП-10 кВ составляет $l = 1,23$ км):

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (r_{\text{уд}} \cdot \cos \varphi + x_{\text{уд}} \cdot \sin \varphi) \cdot 100\%}{U_{\text{ном}}}. \quad (3.3)$$
$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 7 \cdot 1,23 \cdot (0,6 \cdot 0,93 + 0,08 \cdot 0,368) \cdot 100\%}{10000} = 0,09\%.$$

Потери напряжения находятся в пределах ГОСТ 32144–2013.



Рисунок 3.3 – Провод марки СИП-3 1x50

Для выбора отходящих от МТП линий, питающих летние дома дачных участков, из предыдущих расчетов (таблица 2.2) известны нагрузки в голове каждой линии. При этом согласно рекомендациям [6, 8, 15] необходимо стремиться делать линии одинакового типа и сечения проводов для упрощения их закупки, раскладки и монтажа.

Токи головных участков:

– Ф.1 от МТП – $I_{рф.1} = 133,324 \text{ А};$

– Ф.2 от МТП – $I_{рф.2} = 89,281 \text{ А}.$

Выбираем следующие сечения проводов:

– для магистрального участка КТП-1-2-...-12 линии Ф.1 по условиям нагрева ($I_{рф.1} = 133,324 \text{ А}$) подходит провод: СИП-2А 3x50+1x70: $r_0 = 0,64 \text{ Ом/км}; x_0 = 0,0794 \text{ Ом/км}, I_{доп} = 195 \text{ А}$ [6, табл.4.3].

– для протяженного по длине ответвления 2-2.7-...-2.13 линии Ф.1 по условиям нагрева ($I_{р.отв.} = 49,248 \text{ А}$) подходит провод: СИП-2А 3x35+1x35: $r_0 = 0,87 \text{ Ом/км}; x_0 = 0,0802 \text{ Ом/км}, I_{доп} = 160 \text{ А}$ [6, табл.4.3].

– для протяженного по длине ответвления 2-2.1-...-2.6 линии Ф.1 по условиям нагрева ($I_{р.отв.} = 42,347 \text{ А}$) подходит провод: СИП-2А 3x35+1x35: $r_0 = 0,87 \text{ Ом/км}; x_0 = 0,0802 \text{ Ом/км}, I_{доп} = 160 \text{ А}$ [6, табл.4.3].

– для протяженного по длине ответвления 1-1.1-...-1.7 линии Ф.1 по условиям нагрева ($I_{р.отв.} = 45,288 \text{ А}$) подходит провод: СИП-2А 3x35+1x35:

$r_0 = 0,87 \text{ Ом/км}$; $x_0 = 0,0802 \text{ Ом/км}$, $I_{\text{доп}} = 160 \text{ А}$ [6, табл.4.3].

Т.к. участки (сегменты) линии Ф.2 согласно плану менее протяженные (практические в 2-3 раза), то на них можно выбрать провода еще меньшего сечения, равного 25 мм^2 :

– для ответвления 1-1.1-...-1.4 линии Ф.2 по условиям нагрева ($I_{\text{р.отв.}} = 32,780 \text{ А}$) подходит провод: СИП-2А 3х25+1х25: $r_0 = 1,2 \text{ Ом/км}$; $x_0 = 0,0827 \text{ Ом/км}$, $I_{\text{доп}} = 130 \text{ А}$ [6, табл.4.3];

– для ответвления 1-1.5-...-1.9 линии Ф.2 по условиям нагрева ($I_{\text{р.отв.}} = 29,506 \text{ А}$) подходит провод: СИП-2А 3х25+1х25: $r_0 = 1,2 \text{ Ом/км}$; $x_0 = 0,0827 \text{ Ом/км}$, $I_{\text{доп}} = 130 \text{ А}$ [6, табл.4.3];

– для ответвления 1-1.10-...-1.12 линии Ф.2 по условиям нагрева ($I_{\text{р.отв.}} = 37,249 \text{ А}$) подходит провод: СИП-2А 3х25+1х25: $r_0 = 1,2 \text{ Ом/км}$; $x_0 = 0,0827 \text{ Ом/км}$, $I_{\text{доп}} = 130 \text{ А}$ [6, табл.4.3];

– для магистрального участка 2-3-...-6 линии Ф.2 по условиям нагрева ($I_{\text{р.отв.}} = 39,896 \text{ А}$) подходит провод: СИП-2А 3х25+1х25: $r_0 = 1,2 \text{ Ом/км}$; $x_0 = 0,0827 \text{ Ом/км}$, $I_{\text{доп}} = 130 \text{ А}$ [6, табл.4.3];

– для головного участка КТП - 1 линии Ф.2 по условиям нагрева ($I_{\text{р.отв.}} = 39,896 \text{ А}$) подходит провод: СИП-2А 3х50+1х70: $r_0 = 0,64 \text{ Ом/км}$; $x_0 = 0,0794 \text{ Ом/км}$, $I_{\text{доп}} = 195 \text{ А}$ [6, табл.4.3].

Из расчетов таблицы 3.1 следует, что потери на участках линии Ф.2 являются допустимыми при принятом сечении проводов СИП-2А.

Т.к. нагрузка одного дома составляет 6 кВт, то ток, проходящий по проводу (ответвление от опоры к каждому дому), будет равен:

$$S_{\text{р.дома}} = \frac{P_{\text{дома}}}{\cos \varphi} = \frac{6,0}{0,93} = 6,452 \text{ кВА.}$$

$$I_{\text{р.дома}} = \frac{S_{\text{р.дома}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{6,452}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 9,802 \text{ А.}$$

Следовательно, для ответвлений к индивидуальным домам по условиям нагрева и по механической прочности подходит провод: СИП-2А 3х16+1х16: $r_0 = 1,91 \text{ Ом/км}$; $x_0 = 0,0865 \text{ Ом/км}$, $I_{\text{доп}} = 100 \text{ А}$ [6, табл.4.3].

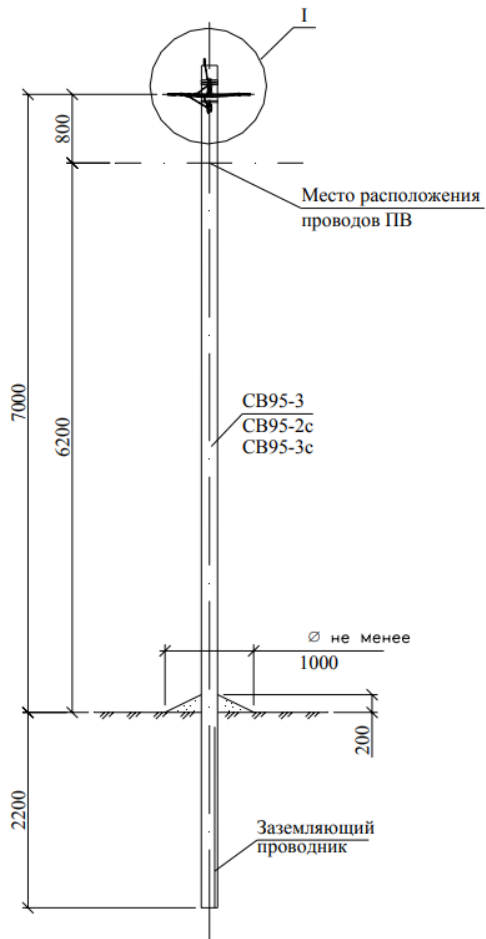
Выбранные сечения проводов отражаем в таблице 3.1 при расчете потерь напряжения, мощности и электроэнергии на магистральных участках линий и в таблице 3.2 при расчете потерь напряжения, мощности и электроэнергии на ответвлениях к летним домам (закладываем длину до 20 м (до 0,02 км) для ответвления на каждый дом). При расчете потерь в таблице 3.2 учитывается, что коэффициент одновременности $K_o = 1$ для всех ответвлений к индивидуальным летним домам.

Типы применяемых опор – железобетонные, на базе стоек СВ 95: промежуточная одноцепная опора П25; угловая промежуточная одноцепная опора УП25; анкерная (концевая) одноцепная опора А25 (рисунок 3.4).

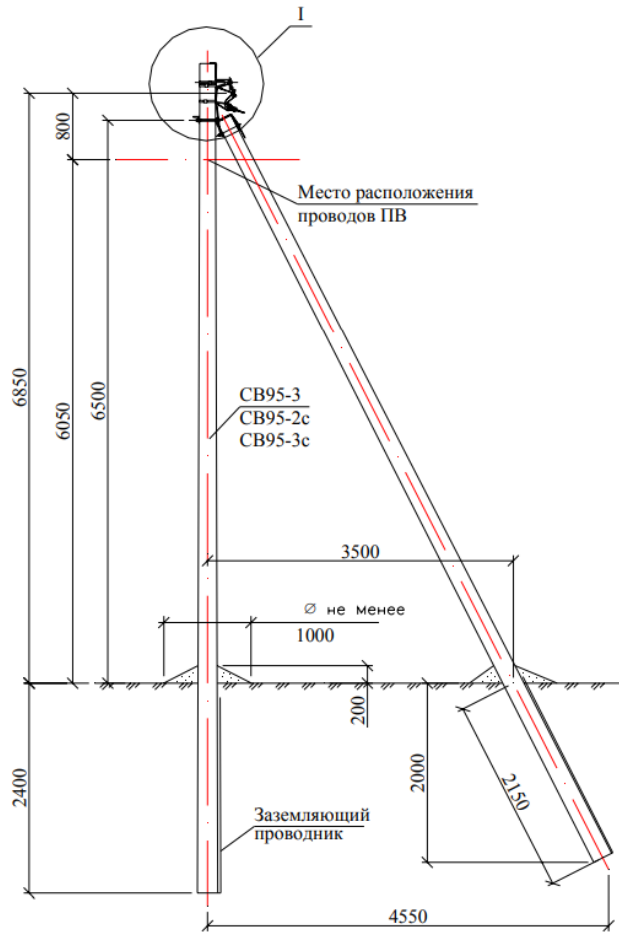
Далее произведем расчет потерь напряжения, мощности и электроэнергии с целью проверить качество напряжения до самого удаленного потребителя. Расчеты производим по формулам (1.4)–(1.8) (см. п.1.2).

На основании результатов расчетов указанных таблиц находим потери напряжения до самой удаленной точки (узел 12 на рисунке 2.2), для которой запишем сумму потерь напряжения в процентах:

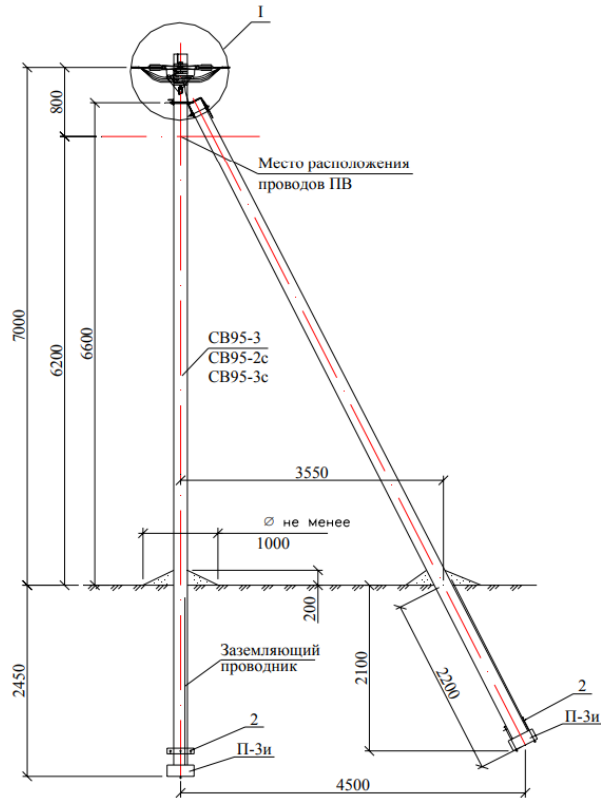
$$\begin{aligned}\Delta U_{\Sigma} &= \Delta U_{11-12} + \Delta U_{10-11} + \Delta U_{9-10} + \Delta U_{8-9} + \Delta U_{7-8} + \Delta U_{6-7} + \Delta U_{5-6} + \Delta U_{4-5} + \\ &+ \Delta U_{3-4} + \Delta U_{2-3} + \Delta U_{1-2} + \Delta U_{\text{КТП-1}} = \\ &= 0,16+0,25+0,32+0,37+0,45+0,50+0,54+0,58+0,63+1,18+1,87+1,90 = \\ &= 8,75\% < 10\%, \text{ условие выполняется.}\end{aligned}$$



промежуточная одноцепная опора П25



угловая промежуточная одноцепная опора УП25



анкерная (концевая) одноцепная опора А25

Рисунок 3.4 – Типы применяемых опор для сооружения линий

Таблица 3.1 – Расчет потерь напряжения, мощности и электроэнергии на магистральных участках

Линия	Начало сегмента	Конец сегмента	Длина участка, км	Ip, А	cosφ	sinφ	Сечение СИП, мм2	г0, Ом/км	х0, Ом/км	ΔU, В	ΔU, %	ΔРл, кВт	ΔWл, кВт.ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ф.1	11	12	0,040	14,312	0,93	0,368	50	0,64	0,0794	0,619	0,16	0,016	20,67
Ф.1	10	11	0,040	21,958	0,93	0,368	50	0,64	0,0794	0,950	0,25	0,037	47,80
Ф.1	9	10	0,040	27,643	0,93	0,368	50	0,64	0,0794	1,196	0,32	0,059	76,23
Ф.1	8	9	0,040	32,780	0,93	0,368	50	0,64	0,0794	1,418	0,37	0,083	107,24
Ф.1	7	8	0,040	39,896	0,93	0,368	50	0,64	0,0794	1,726	0,45	0,122	157,62
Ф.1	6	7	0,040	43,837	0,93	0,368	50	0,64	0,0794	1,896	0,50	0,148	191,22
Ф.1	5	6	0,040	47,052	0,93	0,368	50	0,64	0,0794	2,035	0,54	0,170	219,64
Ф.1	4	5	0,040	51,326	0,93	0,368	50	0,64	0,0794	2,220	0,58	0,202	260,98
Ф.1	3	4	0,040	55,129	0,93	0,368	50	0,64	0,0794	2,385	0,63	0,233	301,04
Ф.1	2	3	0,070	59,286	0,93	0,368	50	0,64	0,0794	4,488	1,18	0,472	609,82
Ф.1	2.5	2.6	0,040	18,233	0,93	0,368	35	0,87	0,0802	1,059	0,28	0,035	45,22
Ф.1	2.4	2.5	0,040	24,506	0,93	0,368	35	0,87	0,0802	1,424	0,38	0,063	81,40
Ф.1	2.3	2.4	0,060	27,643	0,93	0,368	35	0,87	0,0802	2,409	0,63	0,120	155,04
Ф.1	2.2	2.3	0,040	29,506	0,93	0,368	35	0,87	0,0802	1,714	0,45	0,091	117,57
Ф.1	2.1	2.2	0,040	37,249	0,93	0,368	35	0,87	0,0802	2,164	0,57	0,145	187,34
Ф.1	2	2.1	0,040	42,347	0,93	0,368	35	0,87	0,0802	2,460	0,65	0,187	241,60
Ф.1	2.12	2.13	0,040	14,312	0,93	0,368	35	0,87	0,0802	0,831	0,22	0,021	27,13
Ф.1	2.11	2.12	0,040	21,958	0,93	0,368	35	0,87	0,0802	1,276	0,34	0,050	64,60
Ф.1	2.10	2.11	0,040	27,643	0,93	0,368	35	0,87	0,0802	1,606	0,42	0,080	103,36
Ф.1	2.9	2.10	0,040	35,289	0,93	0,368	35	0,87	0,0802	2,050	0,54	0,130	167,96
Ф.1	2.8	2.9	0,040	39,896	0,93	0,368	35	0,87	0,0802	2,318	0,61	0,166	214,47
Ф.1	2.7	2.8	0,040	43,837	0,93	0,368	35	0,87	0,0802	2,547	0,67	0,201	259,69
Ф.1	2	2.7	0,040	49,248	0,93	0,368	35	0,87	0,0802	2,861	0,75	0,253	326,88
Ф.1	1	2	0,060	109,484	0,93	0,368	50	0,64	0,0794	7,104	1,87	1,381	1784,25
Ф.1	1.6	1.7	0,040	9,802	0,93	0,368	35	0,87	0,0802	0,569	0,15	0,010	12,92
Ф.1	1.5	1.6	0,040	18,233	0,93	0,368	35	0,87	0,0802	1,059	0,28	0,035	45,22

Окончание таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ф.1	1.4	1.5	0,040	27,643	0,93	0,368	35	0,87	0,0802	1,606	0,42	0,080	103,36
Ф.1	1.3	1.4	0,040	32,780	0,93	0,368	35	0,87	0,0802	1,904	0,50	0,112	144,70
Ф.1	1.2	1.3	0,040	37,249	0,93	0,368	35	0,87	0,0802	2,164	0,57	0,145	187,34
Ф.1	1.1	1.2	0,040	42,347	0,93	0,368	35	0,87	0,0802	2,460	0,65	0,187	241,60
Ф.1	1	1.1	0,025	45,288	0,93	0,368	35	0,87	0,0802	1,644	0,43	0,134	173,13
Ф.1	КТП	1	0,050	133,324	0,93	0,368	50	0,64	0,0794	7,209	1,90	1,706	2204,15
Ф.2	5	6	0,040	9,802	0,93	0,368	25	1,2	0,0827	0,779	0,21	0,014	18,09
Ф.2	4	5	0,040	18,233	0,93	0,368	25	1,2	0,0827	1,448	0,38	0,048	62,02
Ф.2	3	4	0,030	27,643	0,93	0,368	25	1,2	0,0827	1,647	0,43	0,083	107,24
Ф.2	2	3	0,030	32,780	0,93	0,368	25	1,2	0,0827	1,953	0,51	0,116	149,87
Ф.2	1	2	0,020	39,896	0,93	0,368	25	1,2	0,0827	1,584	0,42	0,115	148,58
Ф.2	1.3	1.4	0,040	9,802	0,93	0,368	25	1,2	0,0827	0,779	0,21	0,014	18,09
Ф.2	1.2	1.3	0,040	21,958	0,93	0,368	25	1,2	0,0827	1,744	0,46	0,069	89,15
Ф.2	1.1	1.2	0,040	27,643	0,93	0,368	25	1,2	0,0827	2,195	0,58	0,110	142,12
Ф.2	1	1.1	0,025	32,780	0,93	0,368	25	1,2	0,0827	1,627	0,43	0,097	125,32
Ф.2	1.11	1.12	0,040	14,312	0,93	0,368	25	1,2	0,0827	1,137	0,30	0,029	37,47
Ф.2	1.10	1.11	0,040	21,958	0,93	0,368	25	1,2	0,0827	1,744	0,46	0,069	89,15
Ф.2	1	1.10	0,040	29,506	0,93	0,368	25	1,2	0,0827	2,343	0,62	0,125	161,50
Ф.2	1.8	1.9	0,040	14,312	0,93	0,368	25	1,2	0,0827	1,137	0,30	0,029	37,47
Ф.2	1.7	1.8	0,040	21,958	0,93	0,368	25	1,2	0,0827	1,744	0,46	0,069	89,15
Ф.2	1.6	1.7	0,040	27,643	0,93	0,368	25	1,2	0,0827	2,195	0,58	0,110	142,12
Ф.2	1.5	1.6	0,065	35,289	0,93	0,368	25	1,2	0,0827	4,554	1,20	0,291	375,97
Ф.2	1	1.5	0,025	37,249	0,93	0,368	25	1,2	0,0827	1,849	0,49	0,125	161,50
Ф.2	КТП	1	0,070	89,281	0,93	0,368	50	0,64	0,0794	6,759	1,78	1,071	1383,73

Таблица 3.2 – Расчет потерь напряжения, мощности и электроэнергии в ответвительных линиях

к индивидуальным домам

Линия	Начало сегмента	Конец сегмента	Длина участка, км	I_p , А	$\cos\phi$	$\sin\phi$	Сечение СИП, мм ²	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	ΔU , В	ΔU , %	$\Delta P_{л}$, кВт	$\Delta W_{л}$, кВт.ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ф.1	12	дом 1	0,019	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,583	0,15	0,010	12,92
Ф.1	12	дом 100	0,010	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,307	0,08	0,006	7,75
Ф.1	11	дом 2	0,018	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,553	0,15	0,010	12,92
Ф.1	11	дом 99	0,012	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,368	0,10	0,007	9,04
Ф.1	10	дом 3	0,016	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,491	0,13	0,009	11,63
Ф.1	10	дом 98	0,019	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,583	0,15	0,010	12,92
Ф.1	9	дом 4	0,017	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,522	0,14	0,009	11,63
Ф.1	9	дом 26	0,017	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,522	0,14	0,009	11,63
Ф.1	8	дом 5	0,019	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,583	0,15	0,010	12,92
Ф.1	8	дом 25	0,014	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,430	0,11	0,008	10,34
Ф.1	8	дом 24	0,015	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,460	0,12	0,008	10,34
Ф.1	7	дом 6	0,012	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,368	0,10	0,007	9,04
Ф.1	7	дом 23	0,011	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,338	0,09	0,006	7,75
Ф.1	6	дом 7	0,013	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,399	0,11	0,007	9,04
Ф.1	6	дом 22	0,014	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,430	0,11	0,008	10,34
Ф.1	5	дом 8	0,018	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,553	0,15	0,010	12,92
Ф.1	5	дом 21	0,016	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,491	0,13	0,009	11,63
Ф.1	4	дом 9	0,018	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,553	0,15	0,010	12,92
Ф.1	4	дом 20	0,012	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,368	0,10	0,007	9,04

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ф.1	3	дом 10	0,016	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,491	0,13	0,009	11,63
Ф.1	3	дом 11	0,019	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,583	0,15	0,010	12,92
Ф.1	2.6	дом 12	0,017	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,522	0,14	0,009	11,63
Ф.1	2.6	дом 13	0,017	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,522	0,14	0,009	11,63
Ф.1	2.6	ДОМ 102	0,019	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,583	0,15	0,010	12,92
Ф.1	2.5	ДОМ 103	0,014	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,430	0,11	0,008	10,34
Ф.1	2.5	дом 14	0,015	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,460	0,12	0,008	10,34
Ф.1	2.4	дом 15	0,012	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,368	0,10	0,007	9,04
Ф.1	2.3	дом 16	0,011	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,338	0,09	0,006	7,75
Ф.1	2.2	дом 17	0,013	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,399	0,11	0,007	9,04
Ф.1	2.2	дом 52	0,014	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,430	0,11	0,008	10,34
Ф.1	2.2	дом 53	0,018	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,553	0,15	0,010	12,92
Ф.1	2.1	дом 18	0,016	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,491	0,13	0,009	11,63
Ф.1	2.1	дом 51	0,018	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,553	0,15	0,010	12,92
Ф.1	2	дом 36	0,012	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,368	0,10	0,007	9,04
Ф.1	2	дом 19	0,016	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,491	0,13	0,009	11,63
Ф.1	2.13	дом 27	0,019	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,583	0,15	0,010	12,92
Ф.1	2.13	ДОМ 101	0,017	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,522	0,14	0,009	11,63
Ф.1	2.12	дом 28	0,017	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,522	0,14	0,009	11,63
Ф.1	2.12	дом 37	0,019	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,583	0,15	0,010	12,92
Ф.1	2.11	дом 29	0,014	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,430	0,11	0,008	10,34
Ф.1	2.11	дом 38	0,015	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,460	0,12	0,008	10,34

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ф.1	2.10	дом 30	0,012	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,368	0,10	0,007	9,04
Ф.1	2.10	дом 31	0,011	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,338	0,09	0,006	7,75
Ф.1	2.10	дом 39	0,013	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,399	0,11	0,007	9,04
Ф.1	2.9	дом 32	0,014	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,430	0,11	0,008	10,34
Ф.1	2.9	дом 40	0,018	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,553	0,15	0,010	12,92
Ф.1	2.8	дом 33	0,016	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,491	0,13	0,009	11,63
Ф.1	2.8	дом 41	0,018	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,553	0,15	0,010	12,92
Ф.1	2.7	дом 34	0,012	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,368	0,10	0,007	9,04
Ф.1	2.7	дом 35	0,016	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,491	0,13	0,009	11,63
Ф.1	2.7	дом 42	0,019	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,583	0,15	0,010	12,92
Ф.1	1.7	дом 44	0,017	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,522	0,14	0,009	11,63
Ф.1	1.6	дом 45	0,017	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,522	0,14	0,009	11,63
Ф.1	1.6	дом 64	0,019	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,583	0,15	0,010	12,92
Ф.1	1.5	дом 46	0,014	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,430	0,11	0,008	10,34
Ф.1	1.5	дом 47	0,015	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,460	0,12	0,008	10,34
Ф.1	1.5	дом 63	0,012	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,368	0,10	0,007	9,04
Ф.1	1.4	дом 48	0,011	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,338	0,09	0,006	7,75
Ф.1	1.4	дом 62	0,013	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,399	0,11	0,007	9,04
Ф.1	1.3	дом 49	0,014	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,430	0,11	0,008	10,34
Ф.1	1.3	дом 61	0,018	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,553	0,15	0,010	12,92
Ф.1	1.2	дом 50	0,016	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,491	0,13	0,009	11,63
Ф.1	1.2	дом 60	0,018	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,553	0,15	0,010	12,92
Ф.1	1.1	дом 43	0,012	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,368	0,10	0,007	9,04

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ф.1	1.1	дом 59	0,016	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,491	0,13	0,009	11,63
Ф.1	1	дом 57	0,019	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,583	0,15	0,010	12,92
Ф.1	1	дом 58	0,017	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,522	0,14	0,009	11,63
Ф.2	6	дом 83	0,017	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,522	0,14	0,009	11,63
Ф.2	5	дом 87	0,019	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,583	0,15	0,010	12,92
Ф.2	5	дом 86	0,014	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,430	0,11	0,008	10,34
Ф.2	4	дом 85	0,015	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,460	0,12	0,008	10,34
Ф.2	4	дом 88	0,012	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,368	0,10	0,007	9,04
Ф.2	4	дом 89	0,011	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,338	0,09	0,006	7,75
Ф.2	3	дом 90	0,013	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,399	0,11	0,007	9,04
Ф.2	3	дом 84	0,014	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,430	0,11	0,008	10,34
Ф.2	2	дом 82	0,018	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,553	0,15	0,010	12,92
Ф.2	2	дом 91	0,016	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,491	0,13	0,009	11,63
Ф.2	2	дом 92	0,018	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,553	0,15	0,010	12,92
Ф.2	1.4	дом 54	0,012	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,368	0,10	0,007	9,04
Ф.2	1.3	дом 55	0,016	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,491	0,13	0,009	11,63
Ф.2	1.3	дом 56	0,019	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,583	0,15	0,010	12,92
Ф.2	1.3	дом 97	0,017	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,522	0,14	0,009	11,63
Ф.2	1.2	дом 96	0,017	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,522	0,14	0,009	11,63
Ф.2	1.2	дом 95	0,019	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,583	0,15	0,010	12,92
Ф.2	1.1	дом 94	0,014	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,430	0,11	0,008	10,34
Ф.2	1.1	дом 93	0,015	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,460	0,12	0,008	10,34

Окончание таблицы 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ф.2	1.9	дом 65	0,012	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,368	0,10	0,007	9,04
Ф.2	1.9	дом 70	0,011	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,338	0,09	0,006	7,75
Ф.2	1.8	дом 66	0,013	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,399	0,11	0,007	9,04
Ф.2	1.8	дом 71	0,014	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,430	0,11	0,008	10,34
Ф.2	1.7	дом 67	0,018	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,553	0,15	0,010	12,92
Ф.2	1.7	дом 72	0,012	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,368	0,10	0,007	9,04
Ф.2	1.6	дом 68	0,016	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,491	0,13	0,009	11,63
Ф.2	1.6	дом 73	0,019	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,583	0,15	0,010	12,92
Ф.2	1.6	дом 69	0,017	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,522	0,14	0,009	11,63
Ф.2	1.5	дом 74	0,017	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,522	0,14	0,009	11,63
Ф.2	1.12	дом 75	0,019	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,583	0,15	0,010	12,92
Ф.2	1.12	дом 78	0,014	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,430	0,11	0,008	10,34
Ф.2	1.11	дом 76	0,015	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,460	0,12	0,008	10,34
Ф.2	1.11	дом 79	0,012	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,368	0,10	0,007	9,04
Ф.2	1.10	дом 77	0,011	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,338	0,09	0,006	7,75
Ф.2	1.10	дом 80	0,013	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,399	0,11	0,007	9,04
Ф.2	1.10	дом 81	0,014	9,802	0,93	0,368	16	1,91	0,0865	0,430	0,11	0,008	10,34

3.3 Выбор коммутационно-защитных аппаратов

В МТП необходимо выбрать электрические аппараты, как на высоком, так и на низком напряжении. На стороне НН в комплектной МТП имеются выключатели нагрузки и предохранители с плавкой вставкой, а с низкой стороны устанавливаются вводные автоматически воздушные выключатели (серия ВА – наиболее распространенная и хорошо зарекомендовавшая себя на практике в плане надежности работы).

Вычислим ток на низкой стороне МТП:

$$I_{\text{МТП}} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{118,8}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 180,5 \text{ А.}$$

Выбираем вводной автомат ВА 88-37, $I_{\text{НОМ.а}} = 250 \text{ А}$, $I_{\text{расц}} = 200 \text{ А}$, предельная отключающая способность 35 кА.

Токи головных фидерных линий Ф.1 и Ф.2 из таблиц 2.1-2.2:

$$I_{\text{Ф.1}} = 133,324 \text{ А;}$$

$$I_{\text{Ф.2}} = 89,281 \text{ А.}$$

Для защиты линии Ф.1 выбираем автомат ВА 88-35, $I_{\text{НОМ.а}} = 160 \text{ А}$, $I_{\text{расц}} = 160 \text{ А}$, предельная отключающая способность 30 кА.

Для защиты линии Ф.2 выбираем автомат ВА 88-35, $I_{\text{НОМ.а}} = 160 \text{ А}$, $I_{\text{расц}} = 100 \text{ А}$, предельная отключающая способность 30 кА.

Необходимое количество линейных разъединителей на одноцепной линии – один РЛНД.1-10.П/400 УХЛ1 (в месте присоединения отпайки к питающей транзитной линии), рисунок 3.5.

Условия выбора и проверки разъединителей 10 кВ представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Расчетная таблица выбора разъединителя 10 кВ

Условие выбора	Тип разъединителя	Расчетные данные	Каталожные данные
$U_{уст} \leq U_{ном}$	РЛНД.1-10.П/400 УХЛ1	$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{расч} \leq I_{ном}$		$I_{расч} = 7 \text{ А}$	$I_{ном} = 400 \text{ А}$



Рисунок 3.5 – Разъединитель РЛНД.1-10.П/400 УХЛ1 с приводом ПРН3-10

В МТП установим выключатели нагрузки типа ВМП-М1-10-У3, рисунок 3.6 [24]. Условия выбора и проверки выключателей представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Расчетная таблица выбора выключателя нагрузки 10 кВ в МТП

Условие выбора	Тип выключателя	Расчетные данные	Каталожные данные
$U_{уст} \leq U_{ном}$	ВМП-М1-10-У3	$U_{уст}=10 \text{ кВ}$	$U_{ном}=10 \text{ кВ}$
$I_{расч} \leq I_{ном}$		$I_{расч}=7 \text{ А}$	$I_{ном}=400 \text{ А}$



Рисунок 3.6 – Выключатель нагрузки ВНП-М1-10-У3

В МТП установим предохранители ПКТ-103-10-10-20-У3, рисунок 3.7 [24].

Условия выбора:

$$U_{\text{ном.пр.}} \geq U_{\text{ном.сети}} ;$$

$$I_{\text{ном.пр.}} \geq I_{\text{раб.мах.}} ;$$

$$I_{\text{ном.вст.}} \geq I_{\text{раб.мах.}} ,$$

(3.4)

$$10\text{кВ} = 10\text{кВ};$$

$$10\text{А} > 7\text{А};$$

$$10\text{А} > 7\text{А}.$$

В качестве защиты от перенапряжений на МТП применяем ограничитель перенапряжений типа ОПНп-10/12/10/1-III УХЛ1 (рисунок 3.8) на стороне ВН, а на низкой стороне – ОПНп-0,4/0,4/10/400 УХЛ1 (рисунок 3.9).



Рисунок 3.7 – Предохранитель плавкий кварцевый ПКТ-103-10-10-20-У3



Рисунок 3.8 – Ограничитель перенапряжений ОПНп-10/12/10/1-III УХЛ1



Рисунок 3.9 – Ограничитель перенапряжений ОПНп-0,4/0,4/10/400 УХЛ1

3.4 Расчет токов к.з. Проверка оборудования

Расчет токов короткого замыкания производим для выбранной схемы электроснабжения и ее схемы замещения (рисунок 3.2).

Рассчитаем ток короткого замыкания с учетом сопротивления АС, а сопротивление системы – через предельную отключающую способность (20 кА) выключателя, установленного в голове питающей линии (расстояние от источника питания 10 кВ составляет 1,23 км). Тогда сопротивление системы:

$$x_c = \frac{U_{\text{ср.ном}}^2}{S_c} = \frac{10,5^2}{363,73} = 0,3 \text{ Ом}, \quad (3.5)$$

где $S_c = \sqrt{3} \cdot I_{\text{ном откл.}} \cdot U_{\text{ср.ном}} = \sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10,5 = 363,73 \text{ МВА}$.

Сопротивления СИП-3:

$$x_L = x_0 \ell_L = 0,08 \cdot 1,23 = 0,1 \text{ Ом.}$$

$$r_L = r_0 \ell_L = 0,6 \cdot 1,23 = 0,74 \text{ Ом.}$$

Ток КЗ в точке К1:

$$x_{\Sigma K1} = x_c = 0,3 \text{ Ом.}$$

$$I_{K1} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \cdot x_{\Sigma K1}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,3} = 20 \text{ кА.} \quad (3.6)$$

$$i_{уд K1} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{K1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 2 \cdot 20 = 69,3 \text{ кА.} \quad (3.7)$$

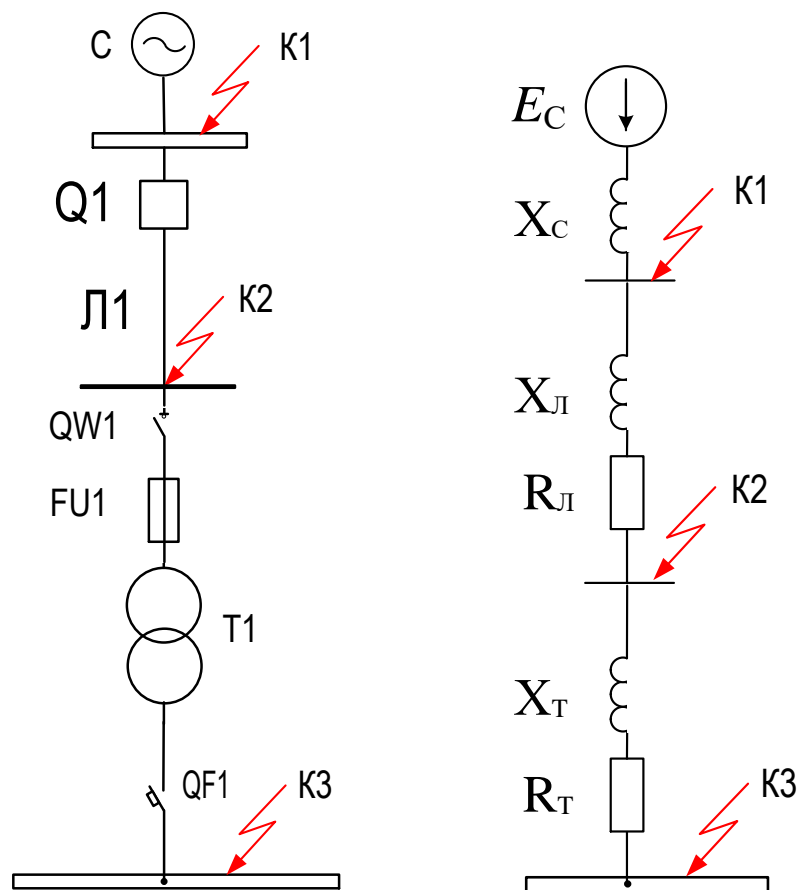


Рисунок 3.1 – Расчетная схема и схема замещения

Рисунок 3.2 – Схема замещения

Ток КЗ в точке К2:

$$x_{\Sigma K2} = x_C + x_L = 0,3 + 0,1 = 0,4 \text{ Ом.}$$

$$r_{\Sigma K2} = r_L = 0,74 \text{ Ом.}$$

$$I_{K2} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma K2}^2 + r_{\Sigma K2}^2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,74^2 + 0,4^2}} = 7,21 \text{ кА.}$$

$$i_{\text{уд} K2} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{K2}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 7,21 = 7,25 \text{ кА.}$$

Импульс квадратичного тока КЗ:

$$B_K = \left(I_{\Pi}^{(3)}\right)^2 \cdot (t_{\text{откл}} + T_a), \quad (3.8)$$
$$B_K = 7,21^2 \cdot (0,18 + 0,025) = 10,66(\text{кА}^2 \cdot \text{с}).$$

Пересчет сопротивлений к другой ступени напряжения производится по выражению [8, 12]:

$$X_K = X_{\text{ном}} \cdot \left(\frac{U_{\text{ср. к}}}{U_{\text{ср. ном}}}\right)^2, \quad (3.9)$$

где X_K – сопротивление (Ом), приведенное к ступени напряжения $U_{\text{ср. к}}$.

Приведенное сопротивление системы:

$$x_C = \frac{U_{\text{ном}}^2}{S_c} \cdot \left(\frac{U_{\text{ср. к}}}{U_{\text{ср. ном}}}\right)^2 = \frac{10000^2}{363,73 \cdot 10^6} \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5}\right)^2 = 0,4 \text{ мОм}.$$

Приведенные сопротивления линии:

$$x_L = x_{\text{удЛ}} \ell_L \cdot \left(\frac{U_{\text{ср. к}}}{U_{\text{ср. ном}}}\right)^2 = 0,08 \cdot 1,23 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5}\right)^2 = 0,14 \text{ мОм}.$$

$$r_L = r_{\text{удЛ}} \ell_L \cdot \left(\frac{U_{\text{ср. к}}}{U_{\text{ср. ном}}}\right)^2 = 0,6 \cdot 1,23 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5}\right)^2 = 1,07 \text{ мОм}.$$

Определяем сопротивление трансформатора:

$$r_{mp} = \frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}} \cdot \frac{U_{ном.}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6; \quad (3.10)$$

$$x_{mp} = \sqrt{\left(\frac{U_{к}}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}}\right)^2} \cdot \frac{U_{ном.}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6. \quad (3.11)$$

$$r_{mp} = \frac{3,1}{160} \cdot \frac{0,4^2}{160} \cdot 10^6 = 19,4 \text{ мОм};$$

$$x_{mp} = \sqrt{\left(\frac{4,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{3,1}{160}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{160} \cdot 10^6 = 40,62 \text{ мОм}.$$

Рассчитаем ток КЗ в точке КЗ.

$$x_{\Sigma КЗ} = x_C + x_L + x_{mp} = 0,4 + 0,14 + 40,62 = 41,16 \text{ мОм}.$$

$$r_{\Sigma КЗ} = r_{mp} + r_L + r_{доб} = 19,4 + 1,07 + 15 = 35,47 \text{ мОм}.$$

$$I_{КЗ} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma КЗ}^2 + r_{\Sigma КЗ}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{41,16^2 + 35,47^2}} = 4,25 \text{ кА}.$$

$$i_{уд КЗ} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{КЗ}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 4,25 = 6,01 \text{ кА}.$$

Рассчитанные уровни токов короткого замыкания и ударных токов позволяют сделать вывод о том, что отключающие способности аппаратов на напряжения 0,4 кВ и 10 кВ (п.3.3 и таблицы 3.2-3.3) больше указанных значений найденных токов к.з., и условие по предельной отключающей способности выполняется.

3.5 Расчет стоимости строительства электрических сетей

В соответствии с Приказом ОАО «Холдинг МРСК» от 20 сентября 2012 г. №488 произведем расчет стоимости воздушных линий 10 кВ и 0,4 кВ, учитывая индекс повышения цен относительно 1 января 2000 года и относительно стоимости строительства для ЦФО РФ [26]. Таким образом, при пользовании данным документом, индекс повышения цен требуется пересчитать на уровень 2024 года при сооружении ЛЭП в Челябинской области (Уральский федеральный округ – УФО).

Стоимость строительства ВЛ 0,4-10 кВ.

Рассчитаем стоимость строительства ВЛ 10 кВ в одноцепном исполнении. Расчет выполним в ценах 01.01.2000 с переводом в цены на 2 квартал 2024 г.

Технические показатели ВЛ 10 кВ

- 1.1. Количество цепей – одна
- 1.2. Характеристика опор – свободностоящие
- 1.3. Материал опор – железобетон
- 1.4. Марка и число проводов в фазе - 3хСИП-3 1х50

Общая характеристика района прохождения ВЛ 10 кВ.

- 2.1. Месторасположение воздушной линии - Челябинская область

Характеристика и технико-экономические показатели ВЛ 10 кВ

2.2. Протяженность воздушной линии составляет 0,23 км. Вся трасса прокладывается в нормальных условиях. Длину ВЛ 10 кВ можно разбить на два участка:

1 участок (совместная подвеска проводов с ВЛ 0,4 кВ) – $L = 0,19$ км;

2 участок (свободностоящие опоры ВЛ 10 кВ), $L = 0,04$ км.

- 2.3. Рельеф местности - равнинный. Без устройства лежневых дорог.

Расчет затрат на строительство ВЛ 10 кВ в базисных ценах 2000 г. и в ценах на 2 квартал 2024 г. представлен в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Расчет затрат на строительство ВЛ 10 кВ в базисных ценах 2000 г. и ценах на 2 квартал 2024 г.

Составляющие затрат	Номер таблицы [26]	Расчет затрат	Величина затрат, тыс. руб.
Стоимость ВЛ 10 кВ по базисным показателям			
1 участок (совместная подвеска проводов с ВЛ 0,4 кВ), 0,19 км	Таблица 2	0,19*353,43	67,15
2 участок (свободностоящие опоры ВЛ 10 кВ), 0,04 км	Таблица 2	0,04*290,95	11,64
		Итого	78,79
Стоимость строительства ВЛ 10 кВ (с учетом затрат сопутствующих строительству 22,1 %*)	п.2.7	78,79*1,221	96,21
Стоимость строительства ВЛ 10 кВ в ценах на 2 квартал 2024 г.	[27]	96,21*9,05**	870,70

Примечание:

*22,1 %- для напряжений 0,4, 6-10кВ: 1,5% - благоустройство; 2,5% - временные здания и сооружения; 7,5% - проектно-изыскательские работы и авторский надзор; 2,6% - содержание службы заказчика-застройщика, строительный контроль; 5,0% - прочие работы и затраты; 3% - непредвиденные затраты.

** 9,05 – индекс изменения сметной стоимости материалов, изделий и конструкций, определяемый с применением федеральных единичных расценок на 2 квартал 2024 года (без учета НДС) [27].

Составляющие стоимости строительства воздушной линии 10 кВ на железобетонных опорах составляют (приложение № 5 к Сборнику 26]):

- строительно-монтажные работы - 80%;
- прочие затраты - 20%.

В ценах на 2 квартал 2024 г. стоимость строительства ВЛ 10 кВ:

- строительно-монтажные работы:

$$96,21 * 0,8 * 37,2 = 2863,21 \text{ тыс. руб.},$$

где 37,2 - индекс изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ по видам строительства, определяемых с применением федеральных единичных расценок на 2 квартал 2024 года (без учета НДС) [27].

- прочие затраты:

$$96,21 * 0,2 * 11,16 = 214,74 \text{ тыс. руб.},$$

где 11,16 - индекс изменения сметной стоимости прочих работ и затрат на 2 квартал 2024 года (без учета НДС) [27].

Всего на строительство ВЛ 10 кВ с проводами СИП (с учетом коэффициента регионально-климатических условий, п. 77 приложения № 2 к Сборнику [26]):

$$(870,70 + 2863,21 + 214,74) * 1,02 = 4027,6 \text{ тыс. руб.}$$

Аналогично рассчитываем затраты на ВЛ 0,4 кВ (таблица 3.5). Совместная подвеска проводов с ВЛ 0,4 кВ с ВЛ 10 кВ осуществляется на длине линии 0,19 км, остальная длина – отдельно стоящие опоры (1,8 км).

В ценах на 2 квартал 2024 г. стоимость строительства ВЛ0,4кВ:

- строительно-монтажные работы:

$$636,17 * 0,8 * 37,2 = 18932,42 \text{ тыс. руб.},$$

- прочие затраты:

$$636,17 * 0,2 * 11,16 = 1419,93 \text{ тыс. руб.}$$

Таблица 3.5 – Расчет затрат на строительство ВЛ 0,4 кВ в базисных ценах 2000 г. и ценах на 2 квартал 2024 г.

Составляющие затрат	Номер таблицы [26]	Расчет затрат	Величина затрат, тыс. руб.
Стоимость ВЛ0,4кВ по базисным показателям			
1 участок (совместная подвеска проводов с ВЛ 0,4 кВ), 0,19 км	Таблица 2	0,19*353,43	67,20
2 участок (свободностоящие опоры ВЛ0,4кВ), 1,8 км	Таблица 2	1,8*252,12	453,82
		Итого	521,02
Стоимость строительства ВЛ0,4кВ (с учетом затрат сопутствующих строительству 22,1 %*)	п.2.7	521,02*1,221	636,17
Стоимость строительства ВЛ 0,4кВ в ценах на 2 квартал 2024 г.	[27]	636,17*9,05	5757,34

Всего на строительство ВЛ 0,4кВ с проводами СИП с учетом регионально-климатического коэффициента:

$$(5757,34 + 18932,42 + 1419,93)*1,02 = 26631,89 \text{ тыс. руб.}$$

Полная стоимость линий 0,4 и 10 кВ:

$$C_{\text{Л}} = 3844,08 + 31294,74 = 35138,82 \text{ тыс. руб.}$$

В соответствии с Приказом ОАО «Холдинг МРСК» от 20 сентября 2012 г. №488 произведем расчет стоимости трансформаторных подстанций (МТП), учитывая индекс повышения цен относительно 1 января 2000 года и относительно стоимости строительства для ЦФО РФ [26]. Затраты на установку МТП могут быть приняты по таблице 6 [26].

Составляющие стоимости строительства трансформаторной подстанции (МТП) составляют (приложение № 5 к Сборнику [26]):

– строительно-монтажные и пусконаладочные работы – $45,5+2,5= 48\%$;

– прочие затраты – 22%.

Затраты на МТП (материалы, конструкции, оборудование, включая защитные аппараты (автоматические выключатели)): для МТП-160/10/0,4 составляет 98,6 тыс. руб. в базисных ценах [26].

Стоимость МТП (1х160) в ценах на 2 квартал 2024 г.

$$98,6 * 9,05 = 892,33 \text{ тыс. руб.}$$

Строительно-монтажные и пусконаладочные работы на сооружение МТП [26], в ценах на 2 квартал 2024 г.:

$$98,6 * 37,2 * 0,48 = 1760,61 \text{ тыс. руб.,}$$

Прочие затраты на сооружение МТП [26], в ценах на 2 квартал 2024 г.:

$$98,6 * 11,16 * 0,22 = 242,10 \text{ тыс. руб.}$$

Полная стоимость строительства МТП (с учетом коэффициента по региону):

$$C_{\text{МТП}} = (892,33 + 1760,61 + 242,10) * 1,02 = 2952,94 \text{ тыс. руб.}$$

Стоимость строительства всей сети:

$$C_{\text{сети}} = C_{\text{Л}} + C_{\text{МТП}} = 35138,82 + 2952,94 = 38091,76 \text{ тыс. руб.}$$

Ключевые результаты расчетов сведем в общую таблицу

Таблица 3.6 – Результаты расчета стоимости строительства электрических сетей СПК «Лесной»

Составляющие затрат	Величина затрат, тыс. руб.
Расчет затрат на строительство МТП-160/10/0,4	
Стоимость МТП-160/10/0,4	892,33
Строительно-монтажные и пусконаладочные работы на сооружение МТП	1760,61
Прочие затраты на сооружение МТП	242,10
Полная стоимость строительства МТП (с учетом коэффициента по региону)	2952,94
Расчет затрат на строительство ВЛ 0,4 кВ	
Стоимость ВЛ 0,4 кВ по базисным показателям, из них:	521,02
1 участок (совместная подвеска проводов с ВЛ 0,4 кВ)	67,20
2 участок (свободностоящие опоры ВЛ 0,4 кВ)	453,82
Стоимость строительства ВЛ 0,4 кВ (с учетом затрат сопутствующего строительству)	5757,34
строительно-монтажные работы	18932,42
прочие затраты	1419,93
Всего на строительство ВЛ 0,4кВ с проводами СИП (с учетом коэффициента регионально- климатических условий)	35138,82
Общая стоимость строительства электрических сетей (затраты на монтаж проводов СИП и установку МТП)	38091,76

Таким образом, затраты на строительство электрических сетей СПК «Лесной» с учетом районных коэффициентов составили почти 38,1 млн. руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения ВКР спроектирована система электроснабжения СПК «Лесной» г. Снежинск Челябинской области с целью снабжения электроэнергией новых потребителей. При этом решены все поставленные задачи:

– изучена методика определения максимальной расчетной мощности летнего дома дачного участка, описаны методики расчета электрических нагрузок дачных массивов и обоснована выбранная методика расчета, представлена методика определения потерь в распределительных сетях;

– произведен выбор мест установки трансформаторной подстанции и схем прокладки линий 0,4 кВ и 10 кВ;

– выполнено разбиение потребителей СПК «Лесной» на группы и произведен расчет силовой нагрузки этих групп;

– рассчитана осветительная нагрузка уличного освещения;

– выбран силовой трансформатор на подстанции, питающие провода СИП и коммутационно-защитные аппараты на МТП;

– сделана проверка оборудования разработанного варианта сети на основании расчета токов к.з.

– посчитана стоимость строительства спроектированной электрической сети.

Затраты на строительство электрических сетей СПК «Лесной» с учетом районных коэффициентов составили почти 38,1 млн. руб.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Александров, Н. В. Особенности эксплуатации сельских электрических сетей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-ekspluatatsii-selskih-elektricheskikh-setey>(дата обращения 25.05.2024).
2. В селах ремонтируют электросети [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mrsk-sib.ru/index.php?option>(дата обращения 25.05.2024).
3. В филиале МРСК Сибири специалистами завершены ремонтные работы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://portalenergetika.com/news/v_rezultate_zavershenija_remontnoj_programmy_energopoteri_snizilis (дата обращения 25.05.2024).
4. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии [Текст] : учебное пособие / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – 4-е изд., стер. – М. : КНОРУС, 2014. – 648 с.
5. Кабель СИП. Виды и устройство. Маркировка и применение. Монтаж [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektroobustrojstvo/jelektroprovodka/kabel-sip/> (дата обращения 25.05.2024).
6. Костюченко, Л.П. Проектирование систем сельского электроснабжения: учеб.пособие / Л.П. Костюченко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. -3-е изд., испр. и доп. - Красноярск, 2016. - 264 с.
7. МТП – подстанции мачтового типа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nezpk.ru/catalog/detail/ktpm-machtovogo-tipa/> (дата обращения 25.05.2024).
8. Лещинская Т.Б. Практикум по электроснабжению сельского хозяйства/ Т.Б. Лещинская, И.В. Наумов – М.: Изд-во БИБКМ – ТРАНСЛОГ, 2015. – 455 с.

9. Повышение эффективности управления распределительными сетями [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3046(дата обращения 25.05.2024).
10. Положение ПАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе. - М.: ПАО «Россети». - 2017. – 196 с.
11. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации [Текст]. – М. :Энергия, 2013. – 348 с.
12. Правила устройства электроустановок [Текст] : утверждены Министерством энергетики Российской Федерации. –М. : Проспект, 2019. – 831 с.
13. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования; дата введ. 23.03.1998 [Текст]. – М.: Издательство МЭИ, 2013. – 131 с.
14. РД 34.20.178-81 Методические указания по расчету электрических нагрузок в сетях 0,38-110 кВ сельскохозяйственного назначения.
15. РД 34.20.185-94 Инструкция по проектированию городских электрических сетей.
16. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ЭНАС, 2012. – 376 с.
17. СП 256.1325800.2016 Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа (с Изменениями N 1, 2, 3)
18. СТО 34.01-2.2-002-2015 Арматура для воздушных линий электропередачи с самонесущими изолированными проводами напряжением до 1 кВ. Анкерная и поддерживающая арматура для СИП-1 и СИП-2. Общие технические требования.
19. СТО 34.01-2.2-026-2017 Опоры деревянные. Общие требования
20. СТО 34.01-3.2-011-2017 Трансформаторы силовые распределительные 6-10 кВ мощностью 63-2500 кВА. Требования к уровню потерь холостого хода и короткого замыкания.

21. Схема территориального планирования района. Инженерная инфраструктура [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosseti.org/regulatory> (дата обращения 25.05.2024).

22. Тарифы на электроэнергию в Челябинской области. Действуют с 1 января 2024 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://uralsbyt.ru/clients/tarify-normativy-zakonodatelstvo/tarify-i-normativy/> (дата обращения 25.05.2024).

23. Федотов А.И. Проектирование городских электрических сетей: учеб.пособие / А.И. Федотов, О.В. Наумов, Н.В. Чернова. – Казань: Казан.гос. энерг. ун-т, 2015. – 108 с.

24. Черкасова, Н.И. Анализ состояния сельских электрических сетей 10 кВ в свете мониторинга отказов // Ползуновский вестник. - 2012. - № 4. - с. 49-54.

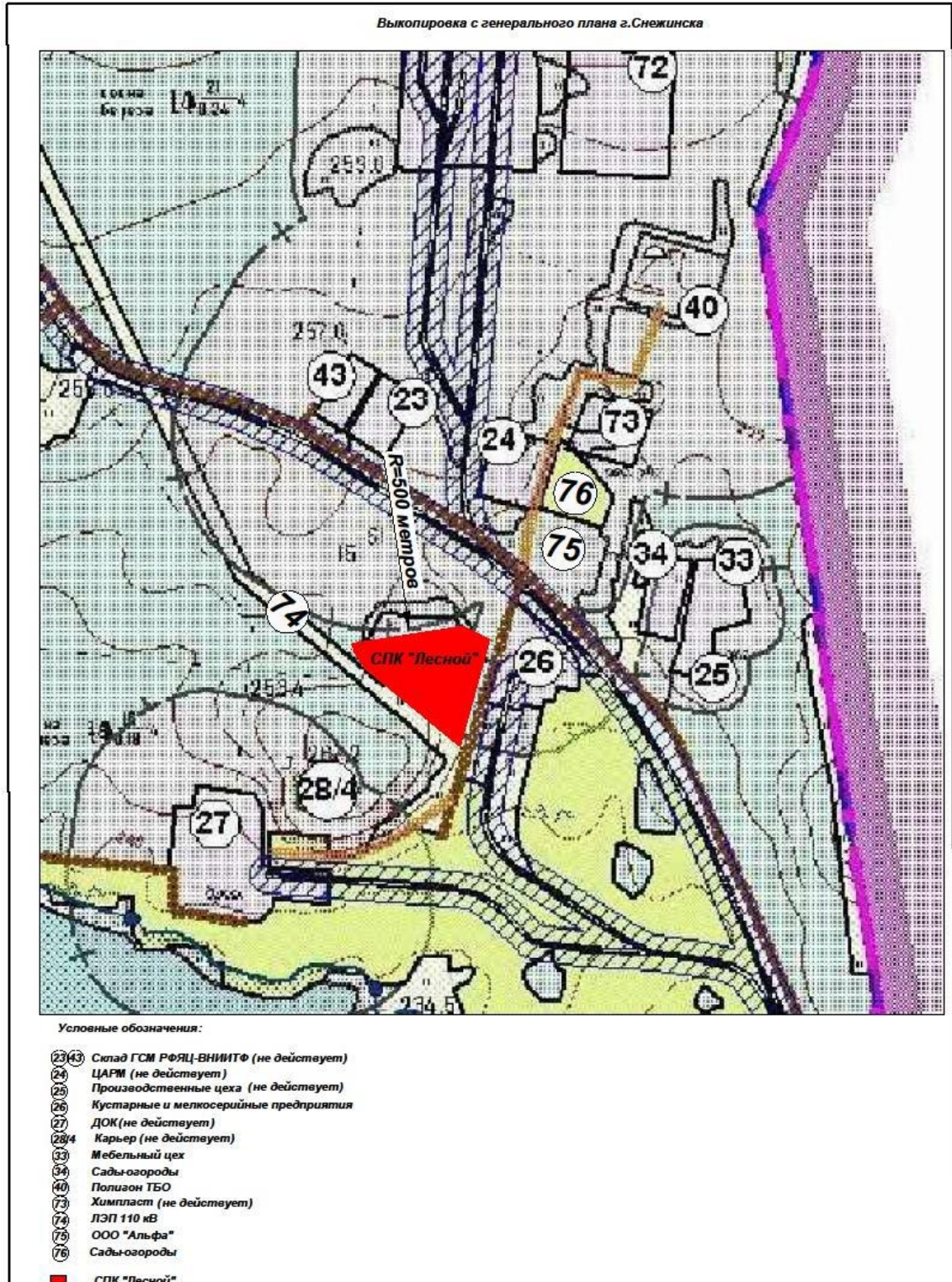
25. Электротехнический справочник: в 3-х т. Т. 2. Электротехнические устройства/Под.общ. ред. Проф. МЭИ В. Г. Герасимова, П. Г. Грудинского, Л. А. Жукова и др. – 8-е изд., испр. и доп. – М.: Энергоиздат, 2011. – 658 с.

26. Приказ ОАО «Холдинг МРСК» от 20 сентября 2012 г. № 488 «Об утверждении сборника укрупненных показателей стоимости строительства (реконструкции) подстанций и линий электропередачи для нужд ОАО «Холдинг МРСК»».

27. Индексы Минстроя на 2 квартал 2024г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<https://www.i-tat.ru/base/518.html> (дата обращения 25.05.2024).

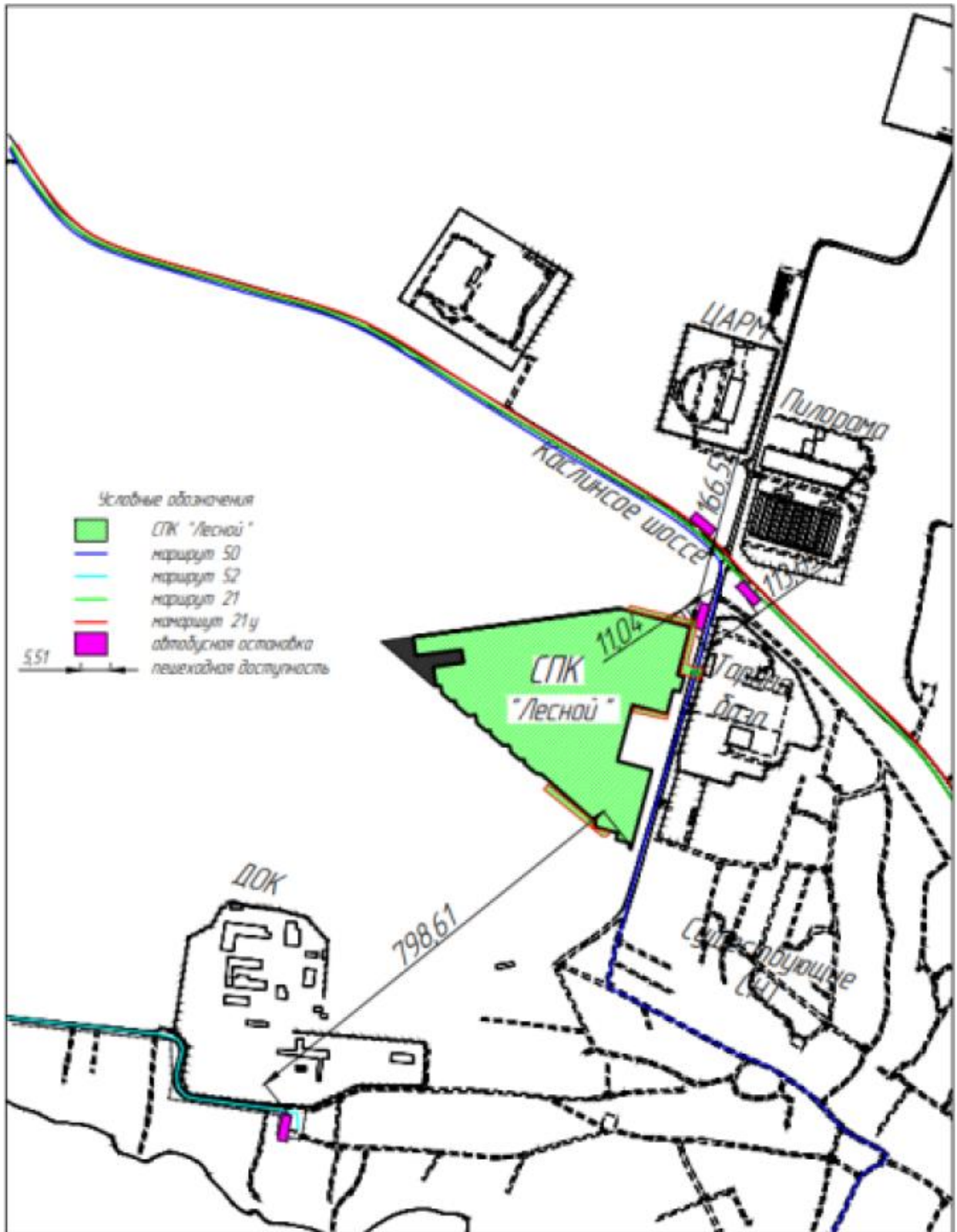
ПРИЛОЖЕНИЕ А

Схема расположения СПК «Лесной» в промышленно-коммунальной зоне г. Снежинск (выкопировка с генерального плана)



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Схема расположения территории СПК «Лесной»



ПРИЛОЖЕНИЕ В

План расположения дачных участков СПК «Лесной»



Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

[Подпись] А.С. Торопов
подпись инициалы, фамилия

« 21 » 06 2024 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Электроснабжение СПК «Лесной» г. Снежинск Челябинской области

тема

Руководитель [Подпись] 21.06.24. К.Э.Н., доцент
подпись, дата должность, ученая степень

Н. В. Дулесова
инициалы, фамилия

Выпускник [Подпись] 20.06.24.
подпись, дата

Н. И. Оленников
инициалы, фамилия

Нормоконтролер [Подпись] 21.06.24.
подпись, дата

И.А. Кычкова
инициалы, фамилия

Абакан 2024