

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

Реконструкция системы электроснабжения СНТСН «Энтузиаст» ЕАО, пос.
Приамурский

тема

Руководитель _____
подпись, дата

доцент, к.э.н.
должность, ученая степень

Н. В. Дулесова
инициалы, фамилия

Выпускник _____
подпись, дата

В. Ю. Петров
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 Петрову Виктору Юрьевичу

(фамилия, имя, отчество)

Группа ЗХЭн19-01 (З-19)

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код)

(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы Реконструкция системы электроснабжения СНТСН «Энтузиаст» ЕАО, пос. Приамурский

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: Схемы и трассы ЛЭП 0,4 кВ, данные о потребителях и источниках питания

Перечень разделов ВКР:

Введение

1 Теоретическая часть

1.1 Характеристика объекта

1.2 Обоснование необходимости реконструкции

2 Аналитическая часть

2.1 Оценка электрических нагрузок СНТСН «Энтузиаст» до реконструкции.

2.2 Проверка допустимой загрузки трансформатора КТПН

2.3 Анализ потерь мощности, напряжения и электроэнергии в сети 0,4 кВ СНТСН

«Энтузиаст» до реконструкции

3 Практическая часть

3.1 Выбор новых сечений ЛЭП 0,4 кВ

3.2 Выбор КТПН

3.3 Проверка существующей питающей ЛЭП-10 кВ

3.4 Выбор коммутационно-защитных аппаратов в КТПН

3.5 Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования

3.6 Расчет стоимости реконструкции по укрупненным показателям стоимости

Заключение

Список использованных источников

Перечень графического материала

1. Поопорная схема электрических сетей СНТСН после реконструкции

2. Однолинейная схема электроснабжения СНТСН после реконструкции

3. Расчет стоимости реконструкции

Руководитель ВКР

/ Н. В. Дулесова

(подпись, инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению

/ В. Ю. Петров

(подпись, инициалы и фамилия студента)

« 05 » апреля 2024 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Реконструкция системы электроснабжения СНТСН «Энтузиаст»» содержит 59 страниц текстового документа, 27 использованных источников, 3 листа графического материала.

ПОТРЕБИТЕЛЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ, ТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ, ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ, МОЩНОСТЬ, ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ, ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.

Объект исследования – Садоводческое некоммерческое товарищество собственников недвижимости (СНТСН) «Энтузиаст», Еврейская автономная область, Смидовичский район, п. Приамурский.

Предмет исследования – система электроснабжения СНТСН.

Целью бакалаврской работы является реконструкция системы электроснабжения СНТСН «Энтузиаст» в связи с изменением электрических нагрузок и заменой питающих воздушных линий 0,4 кВ с применением СИП.

В теоретической части рассмотрена характеристика объекта, подстанции и сетей, питающих рассматриваемое СНТСН, а также особенности потребителей дачных массивов.

В аналитической части произведена оценка электрических нагрузок СНТСН до реконструкции, произведена проверка допустимой загрузки трансформаторов существующей ТП, пропускной способности электрических сетей СНТСН. Рассчитаны потери электроэнергии и мощности в линиях электропередач.

В практической части представлен проект сети после реконструкции: уточнение мощности подстанции и сечений ЛЭП, распределение нагрузок по подстанциям и линиям. Проведен анализ существующего электропотребления СНТСН и анализ электропотребления СНТСН после замены проводов питающих линий. Рассчитаны потери электроэнергии в реконструированной сети 0,4 кВ.

Практическая значимость ВКР состоит в том, что данные исследования и полученные результаты могут быть использованы при проектировании и реконструкции систем электроснабжения частных секторов и дачных массивов.

THE ABSTRACT

The final qualifying work on the topic “Reconstruction of the power supply system of SNTSN “Enthusiast”” contains 58 pages of text document, 27 used sources, 3 sheets of graphic material.

ELECTRICITY CONSUMER, PRIVATE RESIDENTIAL HOUSE, ELECTRICAL LOAD, TRANSFORMER SUBSTATION, ELECTRICAL NETWORK CAPACITY, POWER, POWER SOURCE, ELECTRICITY CONSUMPTION, ELECTRICITY LOSSES.

Object of study – Gardening non-profit partnership of real estate owners (SNTSN) “Enthusiast”, Jewish Autonomous Region, Smidovichsky district, Priamursky village.

The subject of the study is the SNTSN power supply system.

The purpose of the bachelor's thesis is to reconstruct the power supply system of SNTSN "Entuziast" in connection with changes in electrical loads and replacement of main 0.4 kV overhead power lines using self-supporting insulated insulated wires.

The theoretical part examines the characteristics of the facility, substation and networks supplying the STNSN under consideration, as well as the characteristics of consumers in dacha areas.

In the analytical part, the electrical loads of the SNTSN were calculated before reconstruction, the permissible load of transformers of the existing transformer substation, and the capacity of the electrical networks of the STNSN were checked. The losses of electricity and power in power lines are calculated.

The practical part presents the design of the network after reconstruction: clarification of the power of the substation and cross-sections of power lines, distribution of loads across substations and lines. An analysis of the existing power consumption of the SNTSN and an analysis of the power consumption of the STNSN after replacing the wires of the supply lines was carried out. Electricity losses in the reconstructed 0.4 kV network were calculated.

The practical significance of the research work is that these studies and the results obtained can be used in the design and reconstruction of power supply systems for private sectors and dacha areas.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 7 |
| 1 Теоретическая часть..... | 9 |
| 1.1 Характеристика объекта | 9 |
| 1.2 Обоснование необходимости реконструкции..... | 15 |
| 2 Аналитическая часть..... | 17 |
| 2.1 Оценка электрических нагрузок СНТСН «Энтузиаст» до реконструкции | 17 |
| 2.2 Проверка допустимой загрузки трансформатора КТПН..... | 17 |
| 2.3 Анализ потерь мощности и электроэнергии в сети 0,4 кВ СНТСН «Энтузиаст» до реконструкции..... | 25 |
| 3 Практическая часть | 35 |
| 3.1 Выбор новых сечений ЛЭП 0,4 кВ | 35 |
| 3.2 Выбор КТПН | 44 |
| 3.3 Проверка существующей питающей ЛЭП-10 кВ | 45 |
| 3.4 Выбор коммутационно-защитных аппаратов в КТПН | 46 |
| 3.5 Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования | 48 |
| 3.6 Расчет стоимости реконструкции по укрупненным показателям | 52 |
| стоимости..... | 52 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 56 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 57 |

ВВЕДЕНИЕ

Электроснабжение сельских электрических сетей, дачных массивов, садоводческих некоммерческих партнерств и других подобных объектов имеет большое значение, поскольку данная структура в настоящее время интенсивно развивается, в большей степени в регионах РФ с большим количеством населения.

В 2019 году вступил в силу Федеральный Закон №217-ФЗ «О ведении гражданами садоводства и огородничества для собственных нужд и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», согласно которому на дачных участках в СНТ появилась возможность возводить капитальные дома и регистрировать их как жилые. В связи с чем появилась тенденция развития домовладения, направленная на создание современного и комфортного постоянного жилья в СНТ, что требует наличия качественной инфраструктуры, важнейшей частью которой является электроснабжение.

Объект исследования – Садоводческое некоммерческое товарищество собственников недвижимости (СНТСН) «Энтузиаст», Еврейская автономная область, Смидовичский район, п. Приамурский.

Предмет исследования – система электроснабжения СНТСН.

Целью бакалаврской работы является реконструкция системы электроснабжения СНТСН «Энтузиаст» в связи с изменением электрических нагрузок и заменой магистральных питающих воздушных линий 0,4 кВ с применением СИП (Самонесущий Изолированный Провод).

Задачи ВКР:

– рассмотреть характеристику объекта, подстанции и сетей, питающих рассматриваемое СНТСН, а также особенности потребителей дачного массива;

– произвести расчет электрических нагрузок СНТСН до реконструкции, а также проверку допустимой загрузки трансформаторов существующей

ТП (Трансформаторная Подстанция), пропускной способности электрических сетей СНТСН;

- рассчитать потери электроэнергии и мощности в линиях электропередач в сети до реконструкции;

- сделать проект сети после реконструкции: уточнение мощности подстанции и сечений ЛЭП, распределение нагрузок по подстанциям и линиям;

- произвести анализ существующего электропотребления СНТСН и анализ электропотребления СНТСН после замены проводов питающих линий, рассчитать потери электроэнергии в реконструированной сети 0,4 кВ.

1 Теоретическая часть

1.1 Характеристика объекта

Садоводческое некоммерческое товарищество собственников недвижимости (СНТСН) «Энтузиаст» находится в п. Приамурский Сидовичского района Еврейской автономной области (ЕАО). Общество действует на основании устава от имени главного представителя – председателя общества.

Согласно акту об осуществлении технологического присоединения от 02.09.2019 г. категория надежности электроснабжения данного потребителя – III, а максимальная присоединенная мощность составляет 250 кВт. Допустимая мощность, выделенная на одного потребителя – 2,5 кВт (летние дома без водонагревателей, плиты на газу). Схематично границы балансовой принадлежности указанного объекта электроэнергетики (его энергопринимающих устройств) и эксплуатационной ответственности сторон указаны на упрощенной схеме подключения (рисунок 1.1). Общий вид СНТСН «Энтузиаст» на местности показан на рисунке 1.2.

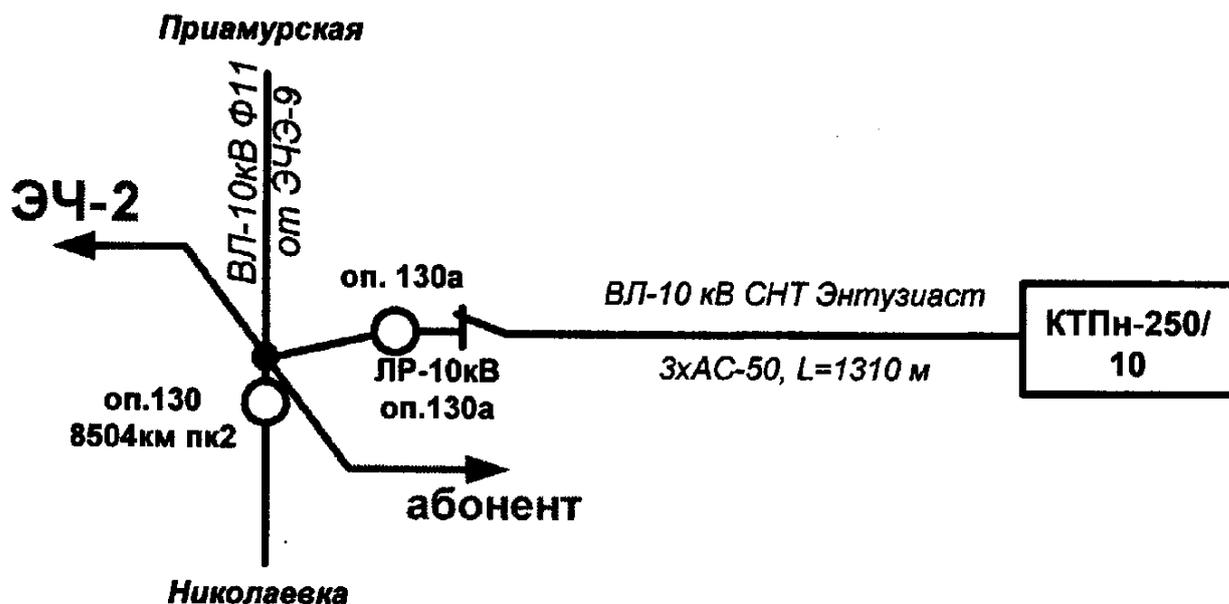


Рисунок 1.1 – Упрощенная схема подключения электропотребителя (СНТСН «Энтузиаст»)

Климатические условия (населённый пункт – г. Хабаровск):

Район по ветровому давлению: III (0,65 кПа).

Район по гололеду: III (20 мм).

Температура воздуха наиболее холодной пятидневки: -32°C .

Средняя годовая температура воздуха составляет (2,2 $^{\circ}\text{C}$).

Пляска проводов - умеренная.

Сейсмичность - до 6 баллов по шкале Рихтера.

СНТСН «Энтузиаст» питает одна трансформаторная подстанция КТПН-250/10/0,4. От подстанции отходят 2 питающие линии (Ф.1–Ф.2).
Схема электрическая однолинейная КТПН-250/10/0,4 представлена на рисунке 1.3.

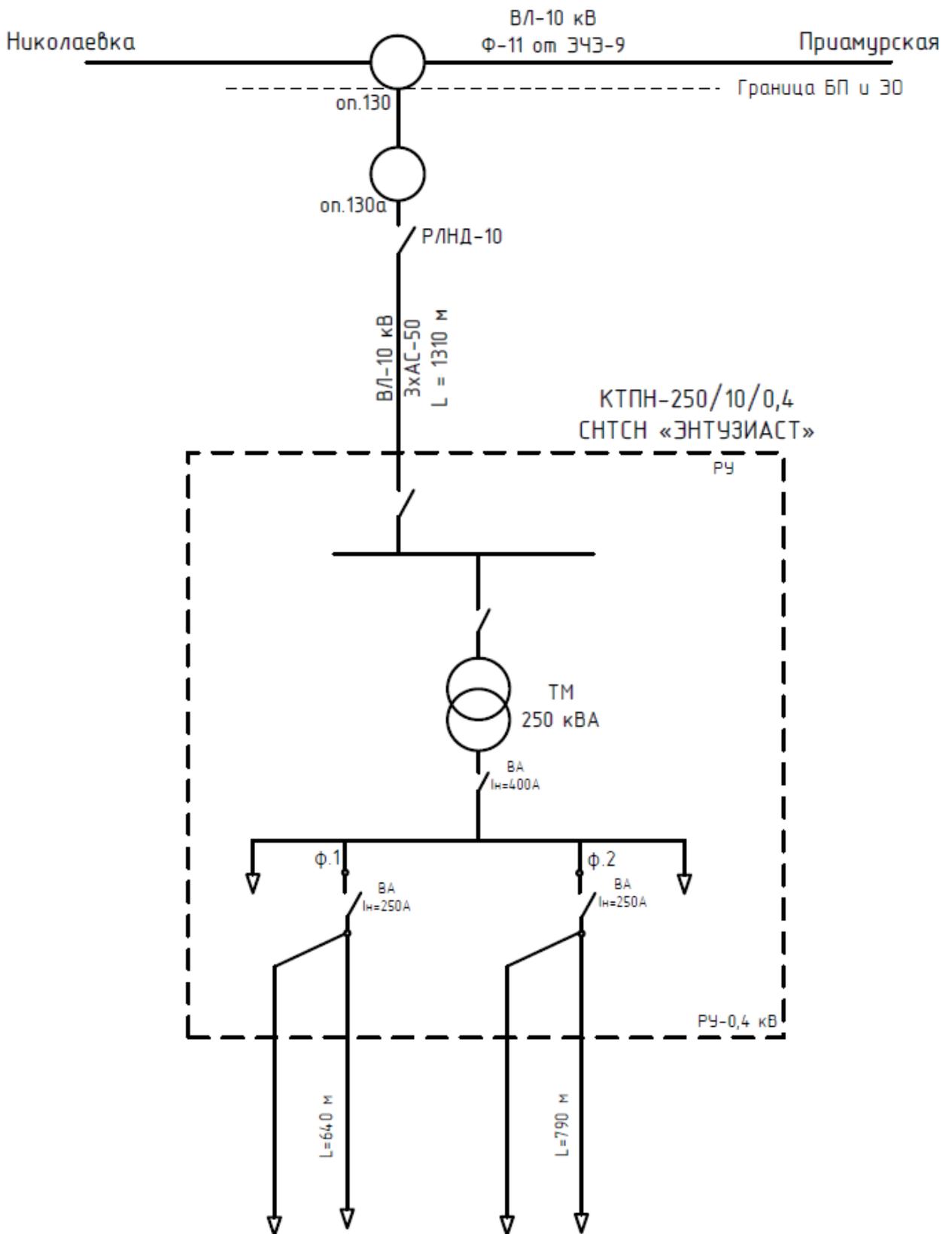


Рисунок 1.3 – Схема электрическая однолинейная КТПН-250/10/0,4
СНТСН «Энтузиаст»

В качестве устройства, обеспечивающего понижение напряжения с 10 кВ до 0,4 кВ, на КТПН-250/10/0,4 используется трехфазный трансформатор с

масляным охлаждением типа ТМ-250/10/0,4 кВ. Для создания видимого разрыва, отключения с целью проведения ремонтных работ установлен разъединитель типа РЛНД-10/400 с заземляющими ножами.

Для ограничения перенапряжений на подстанции установлен ОПН. Для защиты от КЗ (Короткое Замыкание) и перегрузок со стороны высокого напряжения установлен плавкий предохранитель и выключатель нагрузки.

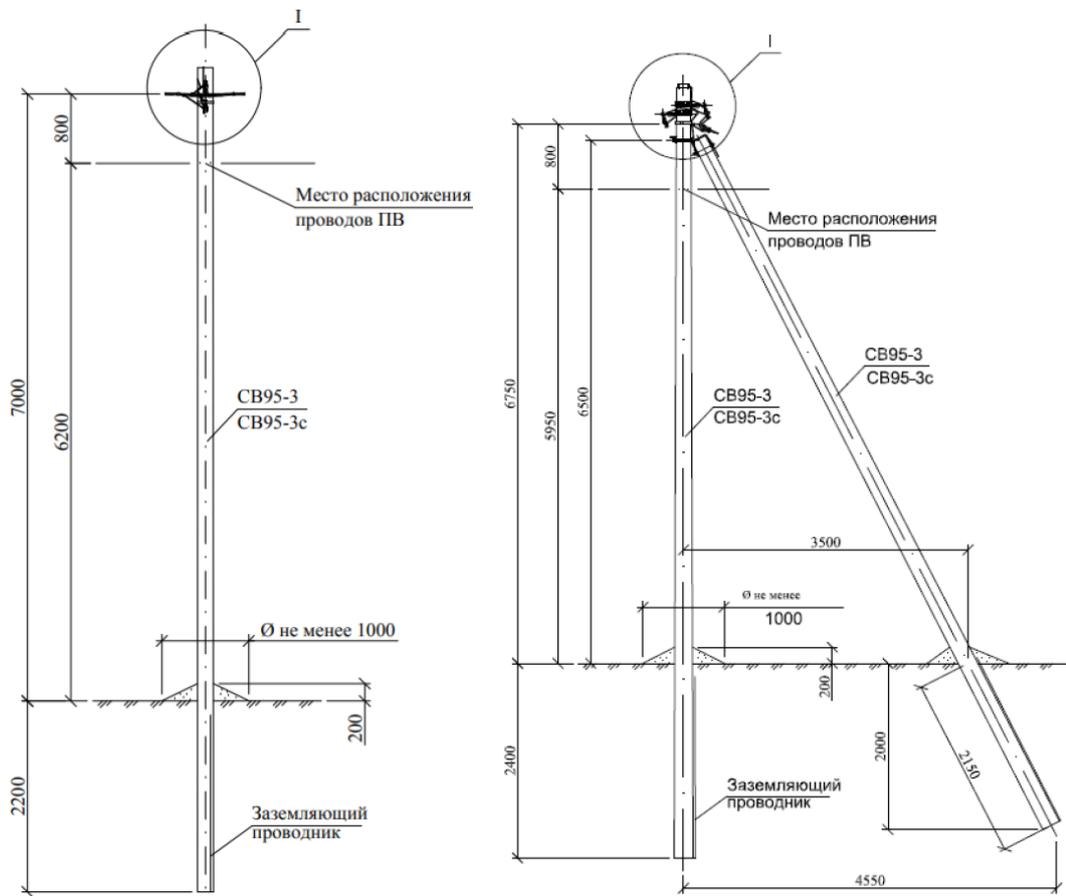
Для защиты от КЗ и перегрузок со стороны высокого напряжения установлены автоматические воздушные выключатели: на вводе – ВА-5735 на 400 А, на отходящих линиях – ВА-5735 на токи 250 А.

Данную трансформаторную подстанцию КТПН-250/10/0,4 питает ВЛ-10 кВ, выполненная проводом 3хАС-50 длиной 1310 м. Эта линия запитана от отпайки транзитной линии ВЛ-10 кВ «Николаевка – Приамурская» Ф-11 от ЭЧЭ-9 Хабаровской дистанции электроснабжения – филиала ОАО «РЖД».

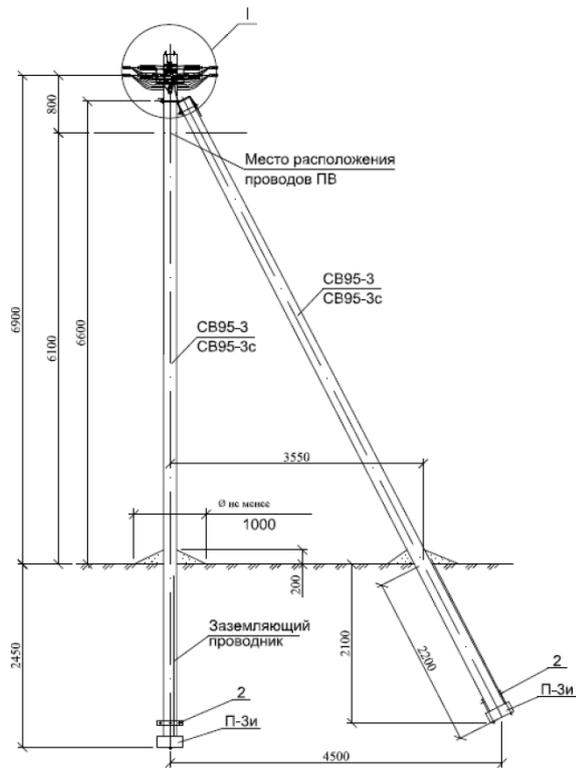
В качестве самих отходящих линий на линиях Ф.1, Ф.2 используются ВЛ-0,4кВ, контактными соединениями которых с ТП служат зажимы автоматов, типа АС-95 (четырёхпроводные) на магистральных участках и АС-50 на ответвлениях к дачным участкам. Для питания проводов ЛЭП, выполненных проводами АС, служат небольшие по длине кабельные вставки.

Тип применяемых опор – железобетонные на базе стоек СВ 95, разновидности которых показаны на рисунке 1.4:

- промежуточная двухцепная опора ПЗ4;
- угловая промежуточная двухцепная опора УПЗ4;
- анкерная (концевая) двухцепная опора АЗ4.



Промежуточная двухцепная опора ПЗ4 Угловая промежуточная двухцепная опора УПЗ4



Анкерная (концевая) двухцепная опора АЗ4

Рисунок 1.4 – Опоры железобетонные на базе стоек СВ 95

1.2 Обоснование необходимости реконструкции

Со временем границы общества расширились, и потребовалось подключение новых участков. СНТСН «Энтузиаст» имеет в своем составе около 1000 участков, однако электрифицированными из них являлись первые 10 улиц (рисунок 1.5), улицы с 11-ой по 15-ую были подключены в 2023 году, и до этого являлись неэлектрифицированными. Возле центрального пожарного водоема расположена КТПН, в месте пересечения 5-ой и центральной улиц. Дополнительная нагрузка новых улиц подставила под сомнение пропускную способность всей сети электроснабжения СНТСН «Энтузиаст».

Реконструкция потребовалась ввиду увеличения бытовой электрической нагрузки за счет подключения новых неэлектрифицированных участков (улицы с 11-ой по 15-ую) т.е. существующие неизолированные провода марки и сечения АС-95, АС-50 были рассчитаны только на нагрузку подключенных ранее участков и их пропускная способность не учитывала нагрузку новых дачных участков, в каждом из которых расположены летние частные жилые дома, то появилась необходимость в увеличении сечения проводов и замене их на СИП с целью увеличения пропускной способности питающих линий ЛЭП-0,4кВ.

Реконструкция питающей линии от РУ-0,4 кВ КТПН-250/10/0,4 кВ СНТСН «Энтузиаст» ф.1 до существующей опоры П-1 №9, а также питающей линии от РУ-0,4 кВ КТПН-250/10/0,4 кВ СНТСН «Энтузиаст» ф.2 до существующей опоры П-1 №39, заключается в замене существующих линий, выполненных неизолированным проводом марки АС, на самонесущий изолированный провод марки СИП-2, что увеличит пропускную способность электрической сети, а также предотвратит хищения электрической энергии. СИП-2 - это самонесущий изолированный провод (Тип-2), с алюминиевыми жилами и, покрытыми изоляцией из светостабилизированного сшитого полиэтилена [12]. Прокладка реконструируемых линий осуществляется по существующим опорам ВЛ-0,4 кВ. Сечения проводов СИП-2 будут приниматься

по допустимой токовой нагрузке и проверяться по допустимым отклонениям напряжения до наиболее удаленных от подстанции потребителей.

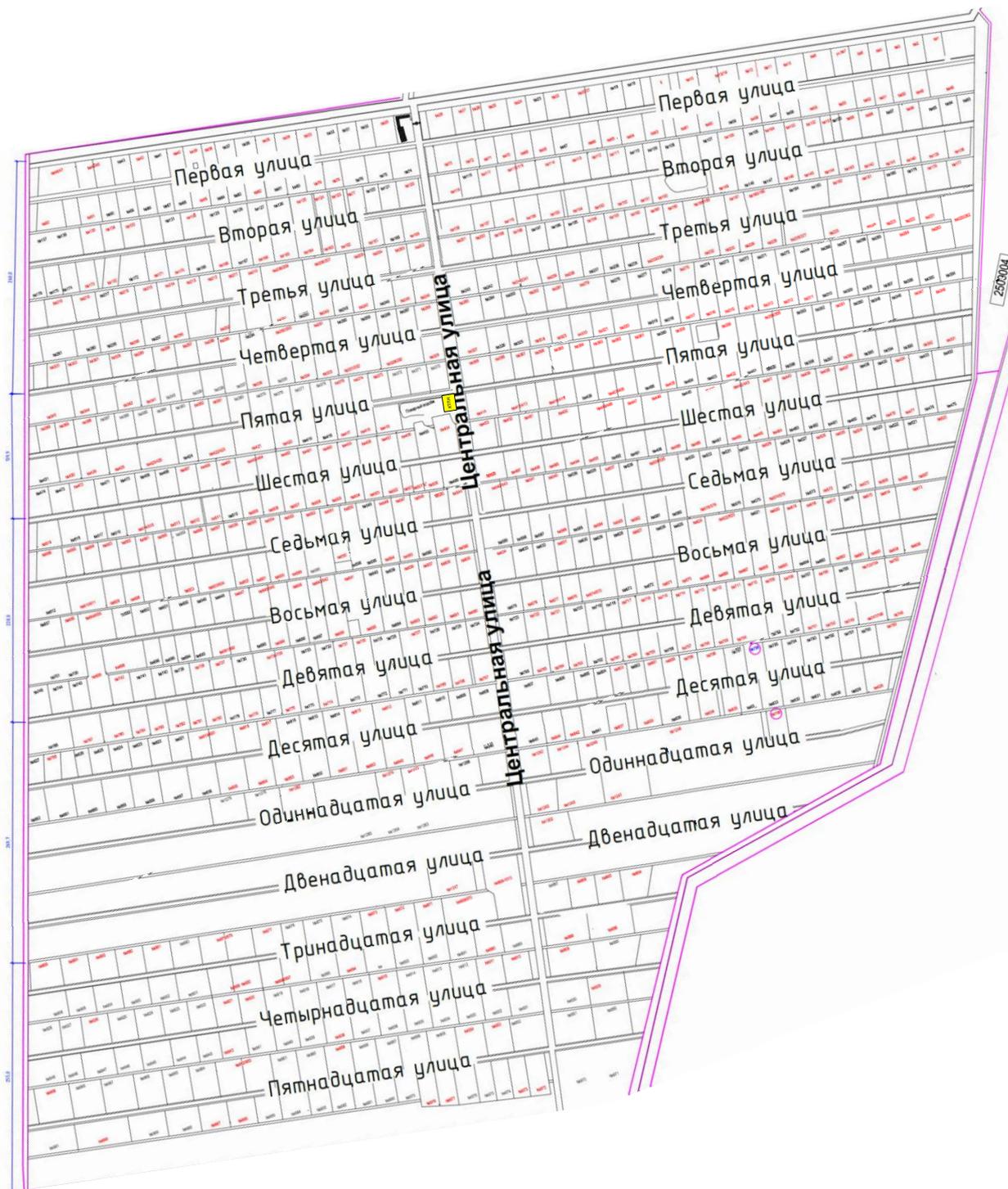


Рисунок 1.5 – Полный план дачных участков СНТСН «Энтузиаст»

2 Аналитическая часть

2.1 Оценка электрических нагрузок СНТСН «Энтузиаст» до реконструкции. Проверка допустимой загрузки трансформатора КТПН

Расчетная максимальная нагрузка от таких электроприемников, как летние частные жилые дома дачных участков, питаемых по проводам 0,4 кВ от ТП 10/0,4 кВ, может быть определена согласно РД 34.20.185-94 [18] и по источнику [10] в зависимости от количества и характера электроприемников, использующихся в том или ином частном доме. Т.к. рассматриваются летние частные жилые дома дачных участков с плитами на газу, без водонагревателей, 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 дачного участка, 2,5 кВт (нагрузка одного летнего частного жилого дома дачного участка с плитами на газу, без водонагревателей) [10, таблица А.5], разрешенная по техническим условиям присоединения;

n – количество домов, подключенных к сегменту линии;

K_o – коэффициент одновременности, зависящий от количества электроприемников [10, таблица 1.10].

Для каждого сегмента ЛЭП 0,4 кВ полные и реактивные нагрузки, и расчетные токи могут быть определены по формулам [10]:

$$S_p = P_p / \cos\varphi, \quad (2.2)$$

$$Q_p = \sqrt{S_p^2 - P_p^2}, \quad (2.3)$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (2.4)$$

где $\cos\varphi$ – коэффициент мощности, равный 0,93, который берется для летнего частного жилого дома без электроплит в период наибольшей вечерней нагрузки [10, таблица 1.15].

Расчеты активной мощности по сегментам ЛЭП 0,4 кВ Л1–Л2, а также расчеты электронагрузок (полных мощностей, реактивных мощностей и токов) отобразим соответственно в таблицах 2.1-2.2.

Таблица 2.1 – Оценка активной, полной, реактивной мощности и расчетного тока по сегментам ЛЭП 0,4 кВ Л1 (Ф.1) КТПН до реконструкции

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | Кол-во потребителей | К _о | Руст. объектов, кВт | Р _р , кВт | С _р , кВА | Q _р , кВар | И _р , А |
|-------|-----------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|
| Ф.1 | 5.13 | 5.14 | 4 | 0,56 | 10 | 5,60 | 6,022 | 2,213 | 9,149 |
| Ф.1 | 5.12 | 5.13 | 8 | 0,418 | 20 | 8,36 | 8,989 | 3,304 | 13,658 |
| Ф.1 | 5.11 | 5.12 | 12 | 0,36 | 30 | 10,80 | 11,613 | 4,268 | 17,644 |
| Ф.1 | 5.10 | 5.11 | 14 | 0,33 | 35 | 11,55 | 12,419 | 4,565 | 18,870 |
| Ф.1 | 5.9 | 5.10 | 17 | 0,308 | 42,5 | 13,09 | 14,075 | 5,173 | 21,386 |
| Ф.1 | 5.8 | 5.9 | 21 | 0,288 | 52,5 | 15,12 | 16,258 | 5,976 | 24,702 |
| Ф.1 | 5.7 | 5.8 | 24 | 0,281 | 60 | 16,86 | 18,129 | 6,663 | 27,545 |
| Ф.1 | 5.6 | 5.7 | 28 | 0,271 | 70 | 18,97 | 20,398 | 7,497 | 30,992 |
| Ф.1 | 5.5 | 5.6 | 32 | 0,262 | 80 | 20,96 | 22,538 | 8,284 | 34,243 |
| Ф.1 | 5.4 | 5.5 | 35 | 0,255 | 87,5 | 22,31 | 23,992 | 8,818 | 36,453 |
| Ф.1 | 5.3 | 5.4 | 39 | 0,246 | 97,5 | 23,99 | 25,790 | 9,479 | 39,185 |
| Ф.1 | 5.2 | 5.3 | 43 | 0,236 | 107,5 | 25,37 | 27,280 | 10,027 | 41,448 |
| Ф.1 | 5.1 | 5.2 | 47 | 0,227 | 117,5 | 26,67 | 28,680 | 10,542 | 43,576 |
| Ф.1 | 5 | 5.1 | 51 | 0,219 | 127,5 | 27,92 | 30,024 | 11,036 | 45,618 |
| Ф.1 | 5.23 | 5.24 | 4 | 0,56 | 10 | 5,60 | 6,022 | 2,213 | 9,149 |
| Ф.1 | 5.22 | 5.23 | 8 | 0,418 | 20 | 8,36 | 8,989 | 3,304 | 13,658 |
| Ф.1 | 5.21 | 5.22 | 11 | 0,37 | 27,5 | 10,18 | 10,941 | 4,021 | 16,623 |
| Ф.1 | 5.20 | 5.21 | 14 | 0,33 | 35 | 11,55 | 12,419 | 4,565 | 18,870 |
| Ф.1 | 5.19 | 5.20 | 18 | 0,302 | 45 | 13,59 | 14,613 | 5,371 | 22,203 |
| Ф.1 | 5.18 | 5.19 | 22 | 0,285 | 55 | 15,68 | 16,855 | 6,195 | 25,609 |
| Ф.1 | 5.17 | 5.18 | 26 | 0,276 | 65 | 17,94 | 19,290 | 7,09 | 29,309 |
| Ф.1 | 5.16 | 5.17 | 30 | 0,267 | 75 | 20,03 | 21,532 | 7,914 | 32,716 |
| Ф.1 | 5.15 | 5.16 | 34 | 0,257 | 85 | 21,85 | 23,489 | 8,634 | 35,689 |
| Ф.1 | 5 | 5.15 | 37 | 0,25 | 92,5 | 23,13 | 24,866 | 9,14 | 37,780 |
| Ф.1 | 4 | 5 | 89 | 0,181 | 222,5 | 40,27 | 43,304 | 15,917 | 65,795 |
| Ф.1 | 4.14 | 4.15 | 3 | 0,62 | 7,5 | 4,65 | 5,000 | 1,838 | 7,597 |
| Ф.1 | 4.13 | 4.14 | 6 | 0,47 | 15 | 7,05 | 7,581 | 2,786 | 11,518 |
| Ф.1 | 4.12 | 4.13 | 10 | 0,38 | 25 | 9,50 | 10,215 | 3,755 | 15,521 |
| Ф.1 | 4.11 | 4.12 | 14 | 0,33 | 35 | 11,55 | 12,419 | 4,565 | 18,870 |
| Ф.1 | 4.10 | 4.11 | 18 | 0,302 | 45 | 13,59 | 14,613 | 5,371 | 22,203 |
| Ф.1 | 4.9 | 4.10 | 21 | 0,288 | 52,5 | 15,12 | 16,258 | 5,976 | 24,702 |
| Ф.1 | 4.8 | 4.9 | 25 | 0,278 | 62,5 | 17,38 | 18,683 | 6,867 | 28,386 |
| Ф.1 | 4.7 | 4.8 | 27 | 0,274 | 67,5 | 18,50 | 19,887 | 7,31 | 30,216 |

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | Кол-во потребителей | К ₀ | Руст. объектов, кВт | Рр, кВт | Sp, кВА | Qp, кВар | Ip, А |
|-------|-----------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|---------|---------|----------|---------|
| Ф.1 | 4.6 | 4.7 | 28 | 0,271 | 70 | 18,97 | 20,398 | 7,497 | 30,992 |
| Ф.1 | 4.5 | 4.6 | 32 | 0,262 | 80 | 20,96 | 22,538 | 8,284 | 34,243 |
| Ф.1 | 4.4 | 4.5 | 36 | 0,253 | 90 | 22,77 | 24,484 | 8,999 | 37,200 |
| Ф.1 | 4.3 | 4.4 | 38 | 0,248 | 95 | 23,56 | 25,333 | 9,312 | 38,491 |
| Ф.1 | 4.2 | 4.3 | 42 | 0,239 | 105 | 25,10 | 26,984 | 9,918 | 40,999 |
| Ф.1 | 4.1 | 4.2 | 45 | 0,232 | 112,5 | 26,10 | 28,065 | 10,315 | 42,641 |
| Ф.1 | 4 | 4.1 | 49 | 0,222 | 122,5 | 27,20 | 29,242 | 10,748 | 44,430 |
| Ф.1 | 4.25 | 4.26 | 3 | 0,62 | 7,5 | 4,65 | 5,000 | 1,838 | 7,597 |
| Ф.1 | 4.24 | 4.25 | 6 | 0,47 | 15 | 7,05 | 7,581 | 2,786 | 11,518 |
| Ф.1 | 4.23 | 4.24 | 9 | 0,4 | 22,5 | 9,00 | 9,677 | 3,557 | 14,704 |
| Ф.1 | 4.22 | 4.23 | 13 | 0,344 | 32,5 | 11,18 | 12,022 | 4,419 | 18,265 |
| Ф.1 | 4.21 | 4.22 | 17 | 0,308 | 42,5 | 13,09 | 14,075 | 5,173 | 21,386 |
| Ф.1 | 4.20 | 4.21 | 19 | 0,296 | 47,5 | 14,06 | 15,118 | 5,557 | 22,971 |
| Ф.1 | 4.19 | 4.20 | 23 | 0,283 | 57,5 | 16,27 | 17,497 | 6,431 | 26,585 |
| Ф.1 | 4.18 | 4.19 | 26 | 0,276 | 65 | 17,94 | 19,290 | 7,09 | 29,309 |
| Ф.1 | 4.17 | 4.18 | 29 | 0,269 | 72,5 | 19,50 | 20,970 | 7,708 | 31,862 |
| Ф.1 | 4.16 | 4.17 | 33 | 0,26 | 82,5 | 21,45 | 23,065 | 8,478 | 35,044 |
| Ф.1 | 4 | 4.16 | 36 | 0,253 | 90 | 22,77 | 24,484 | 8,999 | 37,200 |
| Ф.1 | 3 | 4 | 174 | 0,1552 | 435 | 67,51 | 72,594 | 26,682 | 110,298 |
| Ф.1 | 3.14 | 3.15 | 1 | 1 | 2,5 | 2,50 | 2,688 | 0,988 | 4,084 |
| Ф.1 | 3.13 | 3.14 | 4 | 0,56 | 10 | 5,60 | 6,022 | 2,213 | 9,149 |
| Ф.1 | 3.12 | 3.13 | 8 | 0,418 | 20 | 8,36 | 8,989 | 3,304 | 13,658 |
| Ф.1 | 3.11 | 3.12 | 10 | 0,38 | 25 | 9,50 | 10,215 | 3,755 | 15,521 |
| Ф.1 | 3.10 | 3.11 | 13 | 0,344 | 32,5 | 11,18 | 12,022 | 4,419 | 18,265 |
| Ф.1 | 3.9 | 3.10 | 15 | 0,32 | 37,5 | 12,00 | 12,903 | 4,743 | 19,605 |
| Ф.1 | 3.8 | 3.9 | 18 | 0,302 | 45 | 13,59 | 14,613 | 5,371 | 22,203 |
| Ф.1 | 3.7 | 3.8 | 22 | 0,285 | 55 | 15,68 | 16,855 | 6,195 | 25,609 |
| Ф.1 | 3.6 | 3.7 | 25 | 0,278 | 62,5 | 17,38 | 18,683 | 6,867 | 28,386 |
| Ф.1 | 3.5 | 3.6 | 28 | 0,271 | 70 | 18,97 | 20,398 | 7,497 | 30,992 |
| Ф.1 | 3.4 | 3.5 | 31 | 0,264 | 77,5 | 20,46 | 22,000 | 8,086 | 33,427 |
| Ф.1 | 3.3 | 3.4 | 35 | 0,255 | 87,5 | 22,31 | 23,992 | 8,818 | 36,453 |
| Ф.1 | 3.2 | 3.3 | 38 | 0,248 | 95 | 23,56 | 25,333 | 9,312 | 38,491 |
| Ф.1 | 3.1 | 3.2 | 42 | 0,239 | 105 | 25,10 | 26,984 | 9,918 | 40,999 |
| Ф.1 | 3 | 3.1 | 46 | 0,229 | 115 | 26,34 | 28,317 | 10,408 | 43,025 |
| Ф.1 | 3.25 | 3.26 | 2 | 0,73 | 5 | 3,65 | 3,925 | 1,443 | 5,963 |
| Ф.1 | 3.24 | 3.25 | 6 | 0,47 | 15 | 7,05 | 7,581 | 2,786 | 11,518 |
| Ф.1 | 3.23 | 3.24 | 8 | 0,418 | 20 | 8,36 | 8,989 | 3,304 | 13,658 |
| Ф.1 | 3.22 | 3.23 | 12 | 0,36 | 30 | 10,80 | 11,613 | 4,268 | 17,644 |
| Ф.1 | 3.21 | 3.22 | 15 | 0,32 | 37,5 | 12,00 | 12,903 | 4,743 | 19,605 |
| Ф.1 | 3.20 | 3.21 | 18 | 0,302 | 45 | 13,59 | 14,613 | 5,371 | 22,203 |
| Ф.1 | 3.19 | 3.20 | 22 | 0,285 | 55 | 15,68 | 16,855 | 6,195 | 25,609 |
| Ф.1 | 3.18 | 3.19 | 24 | 0,281 | 60 | 16,86 | 18,129 | 6,663 | 27,545 |
| Ф.1 | 3.17 | 3.18 | 26 | 0,276 | 65 | 17,94 | 19,290 | 7,09 | 29,309 |
| Ф.1 | 3.16 | 3.17 | 30 | 0,267 | 75 | 20,03 | 21,532 | 7,914 | 32,716 |
| Ф.1 | 3 | 3.16 | 34 | 0,257 | 85 | 21,85 | 23,489 | 8,634 | 35,689 |
| Ф.1 | 2 | 3 | 254 | 0,1446 | 635 | 91,82 | 98,732 | 36,29 | 150,013 |
| Ф.1 | 2.13 | 2.14 | 2 | 0,73 | 5 | 3,65 | 3,925 | 1,443 | 5,963 |
| Ф.1 | 2.12 | 2.13 | 5 | 0,5 | 12,5 | 6,25 | 6,720 | 2,47 | 10,211 |
| Ф.1 | 2.11 | 2.12 | 9 | 0,4 | 22,5 | 9,00 | 9,677 | 3,557 | 14,704 |
| Ф.1 | 2.10 | 2.11 | 13 | 0,344 | 32,5 | 11,18 | 12,022 | 4,419 | 18,265 |
| Ф.1 | 2.9 | 2.10 | 16 | 0,314 | 40 | 12,56 | 13,505 | 4,964 | 20,520 |
| Ф.1 | 2.8 | 2.9 | 19 | 0,296 | 47,5 | 14,06 | 15,118 | 5,557 | 22,971 |
| Ф.1 | 2.7 | 2.8 | 23 | 0,283 | 57,5 | 16,27 | 17,497 | 6,431 | 26,585 |
| Ф.1 | 2.6 | 2.7 | 27 | 0,274 | 67,5 | 18,50 | 19,887 | 7,31 | 30,216 |
| Ф.1 | 2.5 | 2.6 | 30 | 0,267 | 75 | 20,03 | 21,532 | 7,914 | 32,716 |
| Ф.1 | 2.4 | 2.5 | 33 | 0,26 | 82,5 | 21,45 | 23,065 | 8,478 | 35,044 |
| Ф.1 | 2.3 | 2.4 | 36 | 0,253 | 90 | 22,77 | 24,484 | 8,999 | 37,200 |

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | Кол-во потребителей | К _о | Руст. объектов, кВт | Рр, кВт | Sp, кВА | Qp, кВар | Ip, А |
|-------|-----------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|---------|---------|----------|---------|
| Ф.1 | 2.2 | 2.3 | 38 | 0,248 | 95 | 23,56 | 25,333 | 9,312 | 38,491 |
| Ф.1 | 2.1 | 2.2 | 42 | 0,239 | 105 | 25,10 | 26,984 | 9,918 | 40,999 |
| Ф.1 | 2 | 2.1 | 46 | 0,229 | 115 | 26,34 | 28,317 | 10,408 | 43,025 |
| Ф.1 | 2.24 | 2.25 | 3 | 0,62 | 7,5 | 4,65 | 5,000 | 1,838 | 7,597 |
| Ф.1 | 2.23 | 2.24 | 6 | 0,47 | 15 | 7,05 | 7,581 | 2,786 | 11,518 |
| Ф.1 | 2.22 | 2.23 | 10 | 0,38 | 25 | 9,50 | 10,215 | 3,755 | 15,521 |
| Ф.1 | 2.21 | 2.22 | 13 | 0,344 | 32,5 | 11,18 | 12,022 | 4,419 | 18,265 |
| Ф.1 | 2.20 | 2.21 | 16 | 0,314 | 40 | 12,56 | 13,505 | 4,964 | 20,520 |
| Ф.1 | 2.19 | 2.20 | 20 | 0,29 | 50 | 14,50 | 15,591 | 5,731 | 23,689 |
| Ф.1 | 2.18 | 2.19 | 22 | 0,285 | 55 | 15,68 | 16,855 | 6,195 | 25,609 |
| Ф.1 | 2.17 | 2.18 | 25 | 0,278 | 62,5 | 17,38 | 18,683 | 6,867 | 28,386 |
| Ф.1 | 2.16 | 2.17 | 27 | 0,274 | 67,5 | 18,50 | 19,887 | 7,31 | 30,216 |
| Ф.1 | 2.15 | 2.16 | 29 | 0,269 | 72,5 | 19,50 | 20,970 | 7,708 | 31,862 |
| Ф.1 | 2 | 2.15 | 33 | 0,26 | 82,5 | 21,45 | 23,065 | 8,478 | 35,044 |
| Ф.1 | 1 | 2 | 333 | 0,1367 | 832,5 | 113,80 | 122,369 | 44,978 | 185,925 |
| Ф.1 | 1.13 | 1.14 | 2 | 0,73 | 5 | 3,65 | 3,925 | 1,443 | 5,963 |
| Ф.1 | 1.12 | 1.13 | 5 | 0,5 | 12,5 | 6,25 | 6,720 | 2,47 | 10,211 |
| Ф.1 | 1.11 | 1.12 | 8 | 0,418 | 20 | 8,36 | 8,989 | 3,304 | 13,658 |
| Ф.1 | 1.10 | 1.11 | 12 | 0,36 | 30 | 10,80 | 11,613 | 4,268 | 17,644 |
| Ф.1 | 1.9 | 1.10 | 16 | 0,314 | 40 | 12,56 | 13,505 | 4,964 | 20,520 |
| Ф.1 | 1.8 | 1.9 | 20 | 0,29 | 50 | 14,50 | 15,591 | 5,731 | 23,689 |
| Ф.1 | 1.7 | 1.8 | 24 | 0,281 | 60 | 16,86 | 18,129 | 6,663 | 27,545 |
| Ф.1 | 1.6 | 1.7 | 26 | 0,276 | 65 | 17,94 | 19,290 | 7,09 | 29,309 |
| Ф.1 | 1.5 | 1.6 | 30 | 0,267 | 75 | 20,03 | 21,532 | 7,914 | 32,716 |
| Ф.1 | 1.4 | 1.5 | 34 | 0,257 | 85 | 21,85 | 23,489 | 8,634 | 35,689 |
| Ф.1 | 1.3 | 1.4 | 38 | 0,248 | 95 | 23,56 | 25,333 | 9,312 | 38,491 |
| Ф.1 | 1.2 | 1.3 | 40 | 0,243 | 100 | 24,30 | 26,129 | 9,604 | 39,700 |
| Ф.1 | 1.1 | 1.2 | 44 | 0,234 | 110 | 25,74 | 27,677 | 10,173 | 42,053 |
| Ф.1 | 1 | 1.1 | 48 | 0,225 | 120 | 27,00 | 29,032 | 10,671 | 44,111 |
| Ф.1 | 1.25 | 1.26 | 3 | 0,62 | 7,5 | 4,65 | 5,000 | 1,838 | 7,597 |
| Ф.1 | 1.24 | 1.25 | 6 | 0,47 | 15 | 7,05 | 7,581 | 2,786 | 11,518 |
| Ф.1 | 1.23 | 1.24 | 10 | 0,38 | 25 | 9,50 | 10,215 | 3,755 | 15,521 |
| Ф.1 | 1.22 | 1.23 | 12 | 0,36 | 30 | 10,80 | 11,613 | 4,268 | 17,644 |
| Ф.1 | 1.21 | 1.22 | 15 | 0,32 | 37,5 | 12,00 | 12,903 | 4,743 | 19,605 |
| Ф.1 | 1.20 | 1.21 | 18 | 0,302 | 45 | 13,59 | 14,613 | 5,371 | 22,203 |
| Ф.1 | 1.19 | 1.20 | 21 | 0,288 | 52,5 | 15,12 | 16,258 | 5,976 | 24,702 |
| Ф.1 | 1.18 | 1.19 | 24 | 0,281 | 60 | 16,86 | 18,129 | 6,663 | 27,545 |
| Ф.1 | 1.17 | 1.18 | 27 | 0,274 | 67,5 | 18,50 | 19,887 | 7,31 | 30,216 |
| Ф.1 | 1.16 | 1.17 | 31 | 0,264 | 77,5 | 20,46 | 22,000 | 8,086 | 33,427 |
| Ф.1 | 1.15 | 1.16 | 34 | 0,257 | 85 | 21,85 | 23,489 | 8,634 | 35,689 |
| Ф.1 | 1 | 1.15 | 36 | 0,253 | 90 | 22,77 | 24,484 | 8,999 | 37,200 |
| Ф.1 | КТПН | 1 | 417 | 0,1283 | 1042,5 | 133,75 | 143,820 | 52,862 | 218,519 |

Таблица 2.2 – Оценка активной, полной, реактивной мощности и расчетного тока по сегментам ЛЭП 0,4 кВ Л2 (Ф.2) КТПН до реконструкции

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | Кол-во потребителей | К _о | Руст. объектов, кВт | Р _р , кВт | Sp, кВА | Q _р , кВар | Ip, А |
|-------|-----------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------------|---------|-----------------------|--------|
| Ф.2 | 10.1 | 10.2 | 2 | 0,73 | 5 | 3,65 | 3,925 | 1,443 | 5,963 |
| Ф.2 | 10 | 10.1 | 4 | 0,56 | 10 | 5,60 | 6,022 | 2,213 | 9,149 |
| Ф.2 | 10.15 | 10.16 | 2 | 0,73 | 5 | 3,65 | 3,925 | 1,443 | 5,963 |
| Ф.2 | 10.14 | 10.15 | 4 | 0,56 | 10 | 5,60 | 6,022 | 2,213 | 9,149 |
| Ф.2 | 10.13 | 10.14 | 5 | 0,5 | 12,5 | 6,25 | 6,720 | 2,47 | 10,211 |
| Ф.2 | 10.12 | 10.13 | 7 | 0,43 | 17,5 | 7,53 | 8,091 | 2,974 | 12,294 |
| Ф.2 | 10.11 | 10.12 | 11 | 0,37 | 27,5 | 10,18 | 10,941 | 4,021 | 16,623 |
| Ф.2 | 10.10 | 10.11 | 13 | 0,344 | 32,5 | 11,18 | 12,022 | 4,419 | 18,265 |
| Ф.2 | 10.9 | 10.10 | 15 | 0,32 | 37,5 | 12,00 | 12,903 | 4,743 | 19,605 |
| Ф.2 | 10.8 | 10.9 | 19 | 0,296 | 47,5 | 14,06 | 15,118 | 5,557 | 22,971 |
| Ф.2 | 10.7 | 10.8 | 21 | 0,288 | 52,5 | 15,12 | 16,258 | 5,976 | 24,702 |
| Ф.2 | 10.6 | 10.7 | 24 | 0,281 | 60 | 16,86 | 18,129 | 6,663 | 27,545 |
| Ф.2 | 10.5 | 10.6 | 27 | 0,274 | 67,5 | 18,50 | 19,887 | 7,31 | 30,216 |
| Ф.2 | 10.4 | 10.5 | 30 | 0,267 | 75 | 20,03 | 21,532 | 7,914 | 32,716 |
| Ф.2 | 10.3 | 10.4 | 33 | 0,26 | 82,5 | 21,45 | 23,065 | 8,478 | 35,044 |
| Ф.2 | 10 | 10.3 | 36 | 0,253 | 90 | 22,77 | 24,484 | 8,999 | 37,200 |
| Ф.2 | 9 | 10 | 40 | 0,243 | 100 | 24,30 | 26,129 | 9,604 | 39,700 |
| Ф.2 | 9.1 | 9.2 | 2 | 0,73 | 5 | 3,65 | 3,925 | 1,443 | 5,963 |
| Ф.2 | 9 | 9.1 | 4 | 0,56 | 10 | 5,60 | 6,022 | 2,213 | 9,149 |
| Ф.2 | 9.15 | 9.16 | 2 | 0,73 | 5 | 3,65 | 3,925 | 1,443 | 5,963 |
| Ф.2 | 9.14 | 9.15 | 4 | 0,56 | 10 | 5,60 | 6,022 | 2,213 | 9,149 |
| Ф.2 | 9.13 | 9.14 | 8 | 0,418 | 20 | 8,36 | 8,989 | 3,304 | 13,658 |
| Ф.2 | 9.12 | 9.13 | 10 | 0,38 | 25 | 9,50 | 10,215 | 3,755 | 15,521 |
| Ф.2 | 9.11 | 9.12 | 13 | 0,344 | 32,5 | 11,18 | 12,022 | 4,419 | 18,265 |
| Ф.2 | 9.10 | 9.11 | 16 | 0,314 | 40 | 12,56 | 13,505 | 4,964 | 20,520 |
| Ф.2 | 9.9 | 9.10 | 18 | 0,302 | 45 | 13,59 | 14,613 | 5,371 | 22,203 |
| Ф.2 | 9.8 | 9.9 | 22 | 0,285 | 55 | 15,68 | 16,855 | 6,195 | 25,609 |
| Ф.2 | 9.7 | 9.8 | 24 | 0,281 | 60 | 16,86 | 18,129 | 6,663 | 27,545 |
| Ф.2 | 9.6 | 9.7 | 26 | 0,276 | 65 | 17,94 | 19,290 | 7,09 | 29,309 |
| Ф.2 | 9.5 | 9.6 | 30 | 0,267 | 75 | 20,03 | 21,532 | 7,914 | 32,716 |
| Ф.2 | 9.4 | 9.5 | 32 | 0,262 | 80 | 20,96 | 22,538 | 8,284 | 34,243 |
| Ф.2 | 9.3 | 9.4 | 34 | 0,257 | 85 | 21,85 | 23,489 | 8,634 | 35,689 |
| Ф.2 | 9 | 9.3 | 38 | 0,248 | 95 | 23,56 | 25,333 | 9,312 | 38,491 |
| Ф.2 | 8 | 9 | 82 | 0,188 | 205 | 38,54 | 41,441 | 15,232 | 62,965 |
| Ф.2 | 8.2 | 8.3 | 1 | 1 | 2,5 | 2,50 | 2,688 | 0,988 | 4,084 |
| Ф.2 | 8.1 | 8.2 | 3 | 0,62 | 7,5 | 4,65 | 5,000 | 1,838 | 7,597 |
| Ф.2 | 8 | 8.1 | 6 | 0,47 | 15 | 7,05 | 7,581 | 2,786 | 11,518 |
| Ф.2 | 8.16 | 8.17 | 2 | 0,73 | 5 | 3,65 | 3,925 | 1,443 | 5,963 |
| Ф.2 | 8.15 | 8.16 | 4 | 0,56 | 10 | 5,60 | 6,022 | 2,213 | 9,149 |
| Ф.2 | 8.14 | 8.15 | 6 | 0,47 | 15 | 7,05 | 7,581 | 2,786 | 11,518 |
| Ф.2 | 8.13 | 8.14 | 10 | 0,38 | 25 | 9,50 | 10,215 | 3,755 | 15,521 |
| Ф.2 | 8.12 | 8.13 | 12 | 0,36 | 30 | 10,80 | 11,613 | 4,268 | 17,644 |
| Ф.2 | 8.11 | 8.12 | 14 | 0,33 | 35 | 11,55 | 12,419 | 4,565 | 18,870 |
| Ф.2 | 8.10 | 8.11 | 16 | 0,314 | 40 | 12,56 | 13,505 | 4,964 | 20,520 |
| Ф.2 | 8.9 | 8.10 | 20 | 0,29 | 50 | 14,50 | 15,591 | 5,731 | 23,689 |
| Ф.2 | 8.8 | 8.9 | 22 | 0,285 | 55 | 15,68 | 16,855 | 6,195 | 25,609 |
| Ф.2 | 8.7 | 8.8 | 24 | 0,281 | 60 | 16,86 | 18,129 | 6,663 | 27,545 |
| Ф.2 | 8.6 | 8.7 | 28 | 0,271 | 70 | 18,97 | 20,398 | 7,497 | 30,992 |
| Ф.2 | 8.5 | 8.6 | 30 | 0,267 | 75 | 20,03 | 21,532 | 7,914 | 32,716 |
| Ф.2 | 8.4 | 8.5 | 32 | 0,262 | 80 | 20,96 | 22,538 | 8,284 | 34,243 |
| Ф.2 | 8 | 8.4 | 34 | 0,257 | 85 | 21,85 | 23,489 | 8,634 | 35,689 |

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | Кол-во потребителей | К ₀ | Руст. объектов, кВт | Р _р , кВт | Sp, кВА | Q _р , кВар | Ip, А |
|-------|-----------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------------|---------|-----------------------|---------|
| Ф.2 | 7 | 8 | 40 | 0,243 | 100 | 24,30 | 26,129 | 9,604 | 39,700 |
| Ф.2 | 7 | 7.1 | 1 | 1 | 2,5 | 2,50 | 2,688 | 0,988 | 4,084 |
| Ф.2 | 7.2 | 7.3 | 1 | 1 | 2,5 | 2,50 | 2,688 | 0,988 | 4,084 |
| Ф.2 | 7 | 7.2 | 2 | 0,73 | 5 | 3,65 | 3,925 | 1,443 | 5,963 |
| Ф.2 | 6 | 7 | 125 | 0,165 | 312,5 | 51,56 | 55,444 | 20,379 | 84,240 |
| Ф.2 | 6.4 | 6.5 | 1 | 1 | 2,5 | 2,50 | 2,688 | 0,988 | 4,084 |
| Ф.2 | 6.3 | 6.4 | 2 | 0,73 | 5 | 3,65 | 3,925 | 1,443 | 5,963 |
| Ф.2 | 6.2 | 6.3 | 3 | 0,62 | 7,5 | 4,65 | 5,000 | 1,838 | 7,597 |
| Ф.2 | 6.1 | 6.2 | 6 | 0,47 | 15 | 7,05 | 7,581 | 2,786 | 11,518 |
| Ф.2 | 6 | 6.1 | 8 | 0,418 | 20 | 8,36 | 8,989 | 3,304 | 13,658 |
| Ф.2 | 6.11 | 6.12 | 1 | 1 | 2,5 | 2,50 | 2,688 | 0,988 | 4,084 |
| Ф.2 | 6.10 | 6.11 | 2 | 0,73 | 5 | 3,65 | 3,925 | 1,443 | 5,963 |
| Ф.2 | 6.9 | 6.10 | 3 | 0,62 | 7,5 | 4,65 | 5,000 | 1,838 | 7,597 |
| Ф.2 | 6.8 | 6.9 | 4 | 0,56 | 10 | 5,60 | 6,022 | 2,213 | 9,149 |
| Ф.2 | 6.7 | 6.8 | 6 | 0,47 | 15 | 7,05 | 7,581 | 2,786 | 11,518 |
| Ф.2 | 6.6 | 6.7 | 8 | 0,418 | 20 | 8,36 | 8,989 | 3,304 | 13,658 |
| Ф.2 | 6 | 6.6 | 9 | 0,4 | 22,5 | 9,00 | 9,677 | 3,557 | 14,704 |
| Ф.2 | 5 | 6 | 142 | 0,1616 | 355 | 57,37 | 61,686 | 22,673 | 93,725 |
| Ф.2 | 5.10 | 5.11 | 2 | 0,73 | 5 | 3,65 | 3,925 | 1,443 | 5,963 |
| Ф.2 | 5.9 | 5.10 | 5 | 0,5 | 12,5 | 6,25 | 6,720 | 2,47 | 10,211 |
| Ф.2 | 5.8 | 5.9 | 9 | 0,4 | 22,5 | 9,00 | 9,677 | 3,557 | 14,704 |
| Ф.2 | 5.7 | 5.8 | 13 | 0,344 | 32,5 | 11,18 | 12,022 | 4,419 | 18,265 |
| Ф.2 | 5.6 | 5.7 | 16 | 0,314 | 40 | 12,56 | 13,505 | 4,964 | 20,520 |
| Ф.2 | 5.5 | 5.6 | 19 | 0,296 | 47,5 | 14,06 | 15,118 | 5,557 | 22,971 |
| Ф.2 | 5.4 | 5.5 | 22 | 0,285 | 55 | 15,68 | 16,855 | 6,195 | 25,609 |
| Ф.2 | 5.3 | 5.4 | 25 | 0,278 | 62,5 | 17,38 | 18,683 | 6,867 | 28,386 |
| Ф.2 | 5.2 | 5.3 | 29 | 0,269 | 72,5 | 19,50 | 20,970 | 7,708 | 31,862 |
| Ф.2 | 5.1 | 5.2 | 32 | 0,262 | 80 | 20,96 | 22,538 | 8,284 | 34,243 |
| Ф.2 | 5 | 5.1 | 35 | 0,255 | 87,5 | 22,31 | 23,992 | 8,818 | 36,453 |
| Ф.2 | 5.23 | 5.24 | 4 | 0,56 | 10 | 5,60 | 6,022 | 2,213 | 9,149 |
| Ф.2 | 5.22 | 5.23 | 8 | 0,418 | 20 | 8,36 | 8,989 | 3,304 | 13,658 |
| Ф.2 | 5.21 | 5.22 | 11 | 0,37 | 27,5 | 10,18 | 10,941 | 4,021 | 16,623 |
| Ф.2 | 5.20 | 5.21 | 14 | 0,33 | 35 | 11,55 | 12,419 | 4,565 | 18,870 |
| Ф.2 | 5.19 | 5.20 | 17 | 0,308 | 42,5 | 13,09 | 14,075 | 5,173 | 21,386 |
| Ф.2 | 5.18 | 5.19 | 20 | 0,29 | 50 | 14,50 | 15,591 | 5,731 | 23,689 |
| Ф.2 | 5.17 | 5.18 | 22 | 0,285 | 55 | 15,68 | 16,855 | 6,195 | 25,609 |
| Ф.2 | 5.16 | 5.17 | 26 | 0,276 | 65 | 17,94 | 19,290 | 7,09 | 29,309 |
| Ф.2 | 5.15 | 5.16 | 28 | 0,271 | 70 | 18,97 | 20,398 | 7,497 | 30,992 |
| Ф.2 | 5.14 | 5.15 | 30 | 0,267 | 75 | 20,03 | 21,532 | 7,914 | 32,716 |
| Ф.2 | 5.13 | 5.14 | 33 | 0,26 | 82,5 | 21,45 | 23,065 | 8,478 | 35,044 |
| Ф.2 | 5.12 | 5.13 | 36 | 0,253 | 90 | 22,77 | 24,484 | 8,999 | 37,200 |
| Ф.2 | 5 | 5.12 | 39 | 0,246 | 97,5 | 23,99 | 25,790 | 9,479 | 39,185 |
| Ф.2 | 4 | 5 | 216 | 0,1484 | 540 | 80,14 | 86,168 | 31,672 | 130,922 |
| Ф.2 | 4.10 | 4.11 | 4 | 0,56 | 10 | 5,60 | 6,022 | 2,213 | 9,149 |
| Ф.2 | 4.9 | 4.10 | 6 | 0,47 | 15 | 7,05 | 7,581 | 2,786 | 11,518 |
| Ф.2 | 4.8 | 4.9 | 10 | 0,38 | 25 | 9,50 | 10,215 | 3,755 | 15,521 |
| Ф.2 | 4.7 | 4.8 | 14 | 0,33 | 35 | 11,55 | 12,419 | 4,565 | 18,870 |
| Ф.2 | 4.6 | 4.7 | 17 | 0,308 | 42,5 | 13,09 | 14,075 | 5,173 | 21,386 |
| Ф.2 | 4.5 | 4.6 | 21 | 0,288 | 52,5 | 15,12 | 16,258 | 5,976 | 24,702 |
| Ф.2 | 4.4 | 4.5 | 25 | 0,278 | 62,5 | 17,38 | 18,683 | 6,867 | 28,386 |
| Ф.2 | 4.3 | 4.4 | 29 | 0,269 | 72,5 | 19,50 | 20,970 | 7,708 | 31,862 |
| Ф.2 | 4.2 | 4.3 | 33 | 0,26 | 82,5 | 21,45 | 23,065 | 8,478 | 35,044 |
| Ф.2 | 4.1 | 4.2 | 37 | 0,25 | 92,5 | 23,13 | 24,866 | 9,14 | 37,780 |
| Ф.2 | 4 | 4.1 | 41 | 0,241 | 102,5 | 24,70 | 26,562 | 9,763 | 40,358 |
| Ф.2 | 4.23 | 4.24 | 2 | 0,73 | 5 | 3,65 | 3,925 | 1,443 | 5,963 |
| Ф.2 | 4.22 | 4.23 | 5 | 0,5 | 12,5 | 6,25 | 6,720 | 2,47 | 10,211 |
| Ф.2 | 4.21 | 4.22 | 7 | 0,43 | 17,5 | 7,53 | 8,091 | 2,974 | 12,294 |

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | Кол-во потребителей | К _о | Руст. объектов, кВт | Р _р , кВт | Sp, кВА | Q _р , кВар | Ip, А |
|-------|-----------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------------|---------|-----------------------|---------|
| Ф.2 | 4.20 | 4.21 | 11 | 0,37 | 27,5 | 10,18 | 10,941 | 4,021 | 16,623 |
| Ф.2 | 4.19 | 4.20 | 15 | 0,32 | 37,5 | 12,00 | 12,903 | 4,743 | 19,605 |
| Ф.2 | 4.18 | 4.19 | 18 | 0,302 | 45 | 13,59 | 14,613 | 5,371 | 22,203 |
| Ф.2 | 4.17 | 4.18 | 22 | 0,285 | 55 | 15,68 | 16,855 | 6,195 | 25,609 |
| Ф.2 | 4.16 | 4.17 | 26 | 0,276 | 65 | 17,94 | 19,290 | 7,09 | 29,309 |
| Ф.2 | 4.15 | 4.16 | 28 | 0,271 | 70 | 18,97 | 20,398 | 7,497 | 30,992 |
| Ф.2 | 4.14 | 4.15 | 32 | 0,262 | 80 | 20,96 | 22,538 | 8,284 | 34,243 |
| Ф.2 | 4.13 | 4.14 | 34 | 0,257 | 85 | 21,85 | 23,489 | 8,634 | 35,689 |
| Ф.2 | 4.12 | 4.13 | 38 | 0,248 | 95 | 23,56 | 25,333 | 9,312 | 38,491 |
| Ф.2 | 4 | 4.12 | 42 | 0,239 | 105 | 25,10 | 26,984 | 9,918 | 40,999 |
| Ф.2 | 3 | 4 | 299 | 0,1401 | 747,5 | 104,72 | 112,607 | 41,39 | 171,094 |
| Ф.2 | 3.11 | 3.12 | 4 | 0,56 | 10 | 5,60 | 6,022 | 2,213 | 9,149 |
| Ф.2 | 3.10 | 3.11 | 8 | 0,418 | 20 | 8,36 | 8,989 | 3,304 | 13,658 |
| Ф.2 | 3.9 | 3.10 | 10 | 0,38 | 25 | 9,50 | 10,215 | 3,755 | 15,521 |
| Ф.2 | 3.8 | 3.9 | 14 | 0,33 | 35 | 11,55 | 12,419 | 4,565 | 18,870 |
| Ф.2 | 3.7 | 3.8 | 18 | 0,302 | 45 | 13,59 | 14,613 | 5,371 | 22,203 |
| Ф.2 | 3.6 | 3.7 | 21 | 0,288 | 52,5 | 15,12 | 16,258 | 5,976 | 24,702 |
| Ф.2 | 3.5 | 3.6 | 25 | 0,278 | 62,5 | 17,38 | 18,683 | 6,867 | 28,386 |
| Ф.2 | 3.4 | 3.5 | 29 | 0,269 | 72,5 | 19,50 | 20,970 | 7,708 | 31,862 |
| Ф.2 | 3.3 | 3.4 | 31 | 0,264 | 77,5 | 20,46 | 22,000 | 8,086 | 33,427 |
| Ф.2 | 3.2 | 3.3 | 34 | 0,257 | 85 | 21,85 | 23,489 | 8,634 | 35,689 |
| Ф.2 | 3.1 | 3.2 | 38 | 0,248 | 95 | 23,56 | 25,333 | 9,312 | 38,491 |
| Ф.2 | 3 | 3.1 | 42 | 0,239 | 105 | 25,10 | 26,984 | 9,918 | 40,999 |
| Ф.2 | 3.23 | 3.24 | 3 | 0,62 | 7,5 | 4,65 | 5,000 | 1,838 | 7,597 |
| Ф.2 | 3.22 | 3.23 | 5 | 0,5 | 12,5 | 6,25 | 6,720 | 2,47 | 10,211 |
| Ф.2 | 3.21 | 3.22 | 9 | 0,4 | 22,5 | 9,00 | 9,677 | 3,557 | 14,704 |
| Ф.2 | 3.20 | 3.21 | 13 | 0,344 | 32,5 | 11,18 | 12,022 | 4,419 | 18,265 |
| Ф.2 | 3.19 | 3.20 | 17 | 0,308 | 42,5 | 13,09 | 14,075 | 5,173 | 21,386 |
| Ф.2 | 3.18 | 3.19 | 20 | 0,29 | 50 | 14,50 | 15,591 | 5,731 | 23,689 |
| Ф.2 | 3.17 | 3.18 | 24 | 0,281 | 60 | 16,86 | 18,129 | 6,663 | 27,545 |
| Ф.2 | 3.16 | 3.17 | 28 | 0,271 | 70 | 18,97 | 20,398 | 7,497 | 30,992 |
| Ф.2 | 3.15 | 3.16 | 31 | 0,264 | 77,5 | 20,46 | 22,000 | 8,086 | 33,427 |
| Ф.2 | 3.14 | 3.15 | 34 | 0,257 | 85 | 21,85 | 23,489 | 8,634 | 35,689 |
| Ф.2 | 3.13 | 3.14 | 38 | 0,248 | 95 | 23,56 | 25,333 | 9,312 | 38,491 |
| Ф.2 | 3 | 3.13 | 42 | 0,239 | 105 | 25,10 | 26,984 | 9,918 | 40,999 |
| Ф.2 | 2 | 3 | 383 | 0,1317 | 957,5 | 126,10 | 135,594 | 49,839 | 206,020 |
| Ф.2 | 2.12 | 2.13 | 3 | 0,62 | 7,5 | 4,65 | 5,000 | 1,838 | 7,597 |
| Ф.2 | 2.11 | 2.12 | 7 | 0,43 | 17,5 | 7,53 | 8,091 | 2,974 | 12,294 |
| Ф.2 | 2.10 | 2.11 | 10 | 0,38 | 25 | 9,50 | 10,215 | 3,755 | 15,521 |
| Ф.2 | 2.9 | 2.10 | 13 | 0,344 | 32,5 | 11,18 | 12,022 | 4,419 | 18,265 |
| Ф.2 | 2.8 | 2.9 | 17 | 0,308 | 42,5 | 13,09 | 14,075 | 5,173 | 21,386 |
| Ф.2 | 2.7 | 2.8 | 20 | 0,29 | 50 | 14,50 | 15,591 | 5,731 | 23,689 |
| Ф.2 | 2.6 | 2.7 | 23 | 0,283 | 57,5 | 16,27 | 17,497 | 6,431 | 26,585 |
| Ф.2 | 2.5 | 2.6 | 27 | 0,274 | 67,5 | 18,50 | 19,887 | 7,31 | 30,216 |
| Ф.2 | 2.4 | 2.5 | 30 | 0,267 | 75 | 20,03 | 21,532 | 7,914 | 32,716 |
| Ф.2 | 2.3 | 2.4 | 34 | 0,257 | 85 | 21,85 | 23,489 | 8,634 | 35,689 |
| Ф.2 | 2.2 | 2.3 | 38 | 0,248 | 95 | 23,56 | 25,333 | 9,312 | 38,491 |
| Ф.2 | 2.1 | 2.2 | 41 | 0,241 | 102,5 | 24,70 | 26,562 | 9,763 | 40,358 |
| Ф.2 | 2 | 2.1 | 45 | 0,232 | 112,5 | 26,10 | 28,065 | 10,315 | 42,641 |
| Ф.2 | 2.24 | 2.25 | 3 | 0,62 | 7,5 | 4,65 | 5,000 | 1,838 | 7,597 |
| Ф.2 | 2.23 | 2.24 | 7 | 0,43 | 17,5 | 7,53 | 8,091 | 2,974 | 12,294 |
| Ф.2 | 2.22 | 2.23 | 10 | 0,38 | 25 | 9,50 | 10,215 | 3,755 | 15,521 |
| Ф.2 | 2.21 | 2.22 | 14 | 0,33 | 35 | 11,55 | 12,419 | 4,565 | 18,870 |
| Ф.2 | 2.20 | 2.21 | 18 | 0,302 | 45 | 13,59 | 14,613 | 5,371 | 22,203 |
| Ф.2 | 2.19 | 2.20 | 21 | 0,288 | 52,5 | 15,12 | 16,258 | 5,976 | 24,702 |
| Ф.2 | 2.18 | 2.19 | 24 | 0,281 | 60 | 16,86 | 18,129 | 6,663 | 27,545 |
| Ф.2 | 2.17 | 2.18 | 27 | 0,274 | 67,5 | 18,50 | 19,887 | 7,31 | 30,216 |

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | Кол-во потребителей | К _о | Р _{уст.} объектов, кВт | Р _р , кВт | Sp, кВА | Q _р , кВар | Ip, А |
|-------|-----------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------------------|----------------------|---------|-----------------------|---------|
| Ф.2 | 2.16 | 2.17 | 30 | 0,267 | 75 | 20,03 | 21,532 | 7,914 | 32,716 |
| Ф.2 | 2.15 | 2.16 | 34 | 0,257 | 85 | 21,85 | 23,489 | 8,634 | 35,689 |
| Ф.2 | 2.14 | 2.15 | 38 | 0,248 | 95 | 23,56 | 25,333 | 9,312 | 38,491 |
| Ф.2 | 2 | 2.14 | 42 | 0,239 | 105 | 25,10 | 26,984 | 9,918 | 40,999 |
| Ф.2 | 1 | 2 | 470 | 0,123 | 1175 | 144,53 | 155,403 | 57,12 | 236,118 |
| Ф.2 | 1.13 | 1.14 | 2 | 0,73 | 5 | 3,65 | 3,925 | 1,443 | 5,963 |
| Ф.2 | 1.12 | 1.13 | 4 | 0,56 | 10 | 5,60 | 6,022 | 2,213 | 9,149 |
| Ф.2 | 1.11 | 1.12 | 8 | 0,418 | 20 | 8,36 | 8,989 | 3,304 | 13,658 |
| Ф.2 | 1.10 | 1.11 | 12 | 0,36 | 30 | 10,80 | 11,613 | 4,268 | 17,644 |
| Ф.2 | 1.9 | 1.10 | 16 | 0,314 | 40 | 12,56 | 13,505 | 4,964 | 20,520 |
| Ф.2 | 1.8 | 1.9 | 20 | 0,29 | 50 | 14,50 | 15,591 | 5,731 | 23,689 |
| Ф.2 | 1.7 | 1.8 | 24 | 0,281 | 60 | 16,86 | 18,129 | 6,663 | 27,545 |
| Ф.2 | 1.6 | 1.7 | 26 | 0,276 | 65 | 17,94 | 19,290 | 7,09 | 29,309 |
| Ф.2 | 1.5 | 1.6 | 30 | 0,267 | 75 | 20,03 | 21,532 | 7,914 | 32,716 |
| Ф.2 | 1.4 | 1.5 | 33 | 0,26 | 82,5 | 21,45 | 23,065 | 8,478 | 35,044 |
| Ф.2 | 1.3 | 1.4 | 37 | 0,25 | 92,5 | 23,13 | 24,866 | 9,14 | 37,780 |
| Ф.2 | 1.2 | 1.3 | 40 | 0,243 | 100 | 24,30 | 26,129 | 9,604 | 39,700 |
| Ф.2 | 1.1 | 1.2 | 43 | 0,236 | 107,5 | 25,37 | 27,280 | 10,027 | 41,448 |
| Ф.2 | 1 | 1.1 | 47 | 0,227 | 117,5 | 26,67 | 28,680 | 10,542 | 43,576 |
| Ф.2 | 1.24 | 1.25 | 3 | 0,62 | 7,5 | 4,65 | 5,000 | 1,838 | 7,597 |
| Ф.2 | 1.23 | 1.24 | 6 | 0,47 | 15 | 7,05 | 7,581 | 2,786 | 11,518 |
| Ф.2 | 1.22 | 1.23 | 10 | 0,38 | 25 | 9,50 | 10,215 | 3,755 | 15,521 |
| Ф.2 | 1.21 | 1.22 | 14 | 0,33 | 35 | 11,55 | 12,419 | 4,565 | 18,870 |
| Ф.2 | 1.20 | 1.21 | 16 | 0,314 | 40 | 12,56 | 13,505 | 4,964 | 20,520 |
| Ф.2 | 1.19 | 1.20 | 20 | 0,29 | 50 | 14,50 | 15,591 | 5,731 | 23,689 |
| Ф.2 | 1.18 | 1.19 | 24 | 0,281 | 60 | 16,86 | 18,129 | 6,663 | 27,545 |
| Ф.2 | 1.17 | 1.18 | 27 | 0,274 | 67,5 | 18,50 | 19,887 | 7,31 | 30,216 |
| Ф.2 | 1.16 | 1.17 | 31 | 0,264 | 77,5 | 20,46 | 22,000 | 8,086 | 33,427 |
| Ф.2 | 1.15 | 1.16 | 36 | 0,253 | 90 | 22,77 | 24,484 | 8,999 | 37,200 |
| Ф.2 | 1 | 1.15 | 40 | 0,243 | 100 | 24,30 | 26,129 | 9,604 | 39,700 |
| Ф.2 | КТПН | 1 | 557 | 0,12 | 1392,5 | 167,10 | 179,677 | 66,042 | 273,000 |

2.2 Проверка допустимой загрузки КТПН

Как видно из оценки электрических нагрузок, сеть до реконструкции имеет следующую установленную мощность:

$$P_{\text{уст. сумм}} = P_{\text{уст. Ф.1}} + P_{\text{уст. сумм}} = 1042,5 + 1392,5 = 2435 \text{ кВт},$$

и применяя коэффициент одновременности $K_o = 0,11$ для общего количества потребителей 417 (по Ф.1) + 557 (по Ф.2) = 974 ед. [10], получаем полную расчетную нагрузку подстанции КТПН:

$$P_{\text{р. СНТСН}} = K_o P_{\text{уст. сумм}} = 0,11 * 2435 = 267,85 \text{ кВт};$$

$$S_{\text{р. СНТСН}} = P_{\text{р. СНТСН}} / \cos\phi = 267,85 / 0,93 = 288 \text{ кВА} > 250 \text{ кВА}.$$

Таким образом, трансформатор ТМ-250/10 работает с перегрузкой, что является недопустимым, и поэтому требуется замена трансформатора на трансформатор 400 кВА, т.е. по мощности на ступень больше.

2.3 Анализ потерь мощности, напряжения и электроэнергии в сети 0,4 кВ СНТСН «Энтузиаст» до реконструкции

Потери активной мощности в линии при использовании метода максимальных потерь [8, 10]:

$$\Delta P_{\max} = 3 \cdot I_{\max}^2 \cdot R_{\text{л}}, \quad (2.5)$$

где активное сопротивление участка линии:

$$R_{\text{л}} = L_{\text{л}} \cdot r_0; \quad (2.6)$$

Формула потерь напряжения одного сегмента линии, при условии, что нагрузка на ее конце учитывает нагрузку других сегментов, идущих после рассматриваемого сегмента (участка) линии, имеет вид:

$$\Delta U = \frac{P_{\text{р}} \cdot R_{\text{л}} + Q_{\text{р}} \cdot X_{\text{л}}}{U_{\text{ном}}}, \quad (2.7)$$

где $P_{\text{р}}$, $Q_{\text{р}}$ – расчетные нагрузки участков (сегментов);

$X_{\text{л}}$ – реактивное (индуктивное) сопротивление участка линии:

$$X_{\text{л}} = L_{\text{л}} \cdot x_0. \quad (2.8)$$

С учетом подстановки величин сопротивлений формула потерь напряжения запишется как:

$$\Delta U = \frac{P_p \cdot L_l \cdot r_0 + Q_p \cdot L_l \cdot x_0}{U_{ном}}, \quad (2.9)$$

Потери активной энергии в линии:

$$\Delta W_l = \Delta P_l \cdot \tau. \quad (2.10)$$

Число часов максимальной нагрузки при коммунально-бытовой нагрузке [14]: $T_M = 2600$ ч., тогда τ – время наибольших потерь составит:

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_M}{10^4}\right)^2 \cdot 8760; \quad (2.11)$$

$$\tau = \left(0,124 + \frac{2600}{10^4}\right)^2 \cdot 8760 = 1292 \text{ ч.}$$

Значения удельных сопротивлений проводов линий используем из таблиц справочных данных [8, 20].

Расчет потерь напряжения, мощности и электроэнергии в сети 0,4 кВ по сегментам ЛЭП 0,4 кВ линий Л1(Ф.1)–Л2 (Ф.2) КТПН до реконструкции по указанным формулам представлен в таблицах 2.3-2.4.

Таблица 2.3 – Расчет потерь напряжения, мощности и электроэнергии в сети 0,4 кВ по сегментам ЛЭП 0,4 кВ линии Л1 (Ф.1) от КТПН до реконструкции

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | Длина участка, км | Сечение провода, мм ² | r_0 , Ом/км | x_0 , Ом/км | ΔU , В | ΔU , % | ΔP_l , кВт | ΔW_l , кВт.ч |
|-------|-----------------|----------------|-------------------|----------------------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|--------------------|----------------------|
| Ф.1 | 5.13 | 5.14 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,432 | 0,11 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.1 | 5.12 | 5.13 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,644 | 0,17 | 0,013 | 16,80 |
| Ф.1 | 5.11 | 5.12 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,832 | 0,22 | 0,022 | 28,42 |
| Ф.1 | 5.10 | 5.11 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,890 | 0,23 | 0,025 | 32,30 |
| Ф.1 | 5.9 | 5.10 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,009 | 0,27 | 0,032 | 41,34 |
| Ф.1 | 5.8 | 5.9 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,166 | 0,31 | 0,043 | 55,56 |
| Ф.1 | 5.7 | 5.8 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,300 | 0,34 | 0,054 | 69,77 |
| Ф.1 | 5.6 | 5.7 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,462 | 0,39 | 0,068 | 87,86 |
| Ф.1 | 5.5 | 5.6 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,616 | 0,43 | 0,083 | 107,24 |
| Ф.1 | 5.4 | 5.5 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,720 | 0,45 | 0,094 | 121,45 |
| Ф.1 | 5.3 | 5.4 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,849 | 0,49 | 0,109 | 140,83 |

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | Длина участка, км | Сечение провода, мм ² | г ₀ , Ом/км | х ₀ , Ом/км | ΔU, В | ΔU, % | ΔP _л , кВт | ΔW _л , кВт.ч |
|-------|-----------------|----------------|-------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|-------|-------|-----------------------|-------------------------|
| Ф.1 | 5.2 | 5.3 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,956 | 0,52 | 0,122 | 157,62 |
| Ф.1 | 5.1 | 5.2 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 2,056 | 0,54 | 0,135 | 174,42 |
| Ф.1 | 5 | 5.1 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 2,152 | 0,57 | 0,148 | 191,22 |
| Ф.1 | 5.23 | 5.24 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,432 | 0,11 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.1 | 5.22 | 5.23 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,644 | 0,17 | 0,013 | 16,80 |
| Ф.1 | 5.21 | 5.22 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,784 | 0,21 | 0,020 | 25,84 |
| Ф.1 | 5.20 | 5.21 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,890 | 0,23 | 0,025 | 32,30 |
| Ф.1 | 5.19 | 5.20 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,048 | 0,28 | 0,035 | 45,22 |
| Ф.1 | 5.18 | 5.19 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,208 | 0,32 | 0,047 | 60,72 |
| Ф.1 | 5.17 | 5.18 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,383 | 0,36 | 0,061 | 78,81 |
| Ф.1 | 5.16 | 5.17 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,544 | 0,41 | 0,076 | 98,19 |
| Ф.1 | 5.15 | 5.16 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,684 | 0,44 | 0,090 | 116,28 |
| Ф.1 | 5 | 5.15 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,783 | 0,47 | 0,101 | 130,49 |
| Ф.1 | 4 | 5 | 0,08 | 95 | 0,299 | 0,332 | 3,648 | 0,96 | 0,311 | 401,81 |
| Ф.1 | 4.14 | 4.15 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,358 | 0,09 | 0,004 | 5,17 |
| Ф.1 | 4.13 | 4.14 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,543 | 0,14 | 0,009 | 11,63 |
| Ф.1 | 4.12 | 4.13 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,732 | 0,19 | 0,017 | 21,96 |
| Ф.1 | 4.11 | 4.12 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,890 | 0,23 | 0,025 | 32,30 |
| Ф.1 | 4.10 | 4.11 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,048 | 0,28 | 0,035 | 45,22 |
| Ф.1 | 4.9 | 4.10 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,166 | 0,31 | 0,043 | 55,56 |
| Ф.1 | 4.8 | 4.9 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,339 | 0,35 | 0,057 | 73,64 |
| Ф.1 | 4.7 | 4.8 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,426 | 0,38 | 0,065 | 83,98 |
| Ф.1 | 4.6 | 4.7 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,462 | 0,39 | 0,068 | 87,86 |
| Ф.1 | 4.5 | 4.6 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,616 | 0,43 | 0,083 | 107,24 |
| Ф.1 | 4.4 | 4.5 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,755 | 0,46 | 0,098 | 126,62 |
| Ф.1 | 4.3 | 4.4 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,816 | 0,48 | 0,105 | 135,66 |
| Ф.1 | 4.2 | 4.3 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,934 | 0,51 | 0,119 | 153,75 |
| Ф.1 | 4.1 | 4.2 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 2,012 | 0,53 | 0,129 | 166,67 |
| Ф.1 | 4 | 4.1 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 2,096 | 0,55 | 0,140 | 180,88 |
| Ф.1 | 4.25 | 4.26 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,358 | 0,09 | 0,004 | 5,17 |
| Ф.1 | 4.24 | 4.25 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,543 | 0,14 | 0,009 | 11,63 |
| Ф.1 | 4.23 | 4.24 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,694 | 0,18 | 0,015 | 19,38 |
| Ф.1 | 4.22 | 4.23 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,862 | 0,23 | 0,024 | 31,01 |
| Ф.1 | 4.21 | 4.22 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,009 | 0,27 | 0,032 | 41,34 |
| Ф.1 | 4.20 | 4.21 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,084 | 0,29 | 0,037 | 47,80 |
| Ф.1 | 4.19 | 4.20 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,254 | 0,33 | 0,050 | 64,60 |
| Ф.1 | 4.18 | 4.19 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,383 | 0,36 | 0,061 | 78,81 |
| Ф.1 | 4.17 | 4.18 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,503 | 0,40 | 0,072 | 93,02 |
| Ф.1 | 4.16 | 4.17 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,653 | 0,44 | 0,087 | 112,40 |
| Ф.1 | 4 | 4.16 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,755 | 0,46 | 0,098 | 126,62 |
| Ф.1 | 3 | 4 | 0,08 | 95 | 0,299 | 0,332 | 6,115 | 1,61 | 0,873 | 1127,92 |
| Ф.1 | 3.14 | 3.15 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,193 | 0,05 | 0,001 | 1,29 |
| Ф.1 | 3.13 | 3.14 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,432 | 0,11 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.1 | 3.12 | 3.13 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,644 | 0,17 | 0,013 | 16,80 |
| Ф.1 | 3.11 | 3.12 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,732 | 0,19 | 0,017 | 21,96 |
| Ф.1 | 3.10 | 3.11 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,862 | 0,23 | 0,024 | 31,01 |
| Ф.1 | 3.9 | 3.10 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,925 | 0,24 | 0,027 | 34,88 |
| Ф.1 | 3.8 | 3.9 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,048 | 0,28 | 0,035 | 45,22 |
| Ф.1 | 3.7 | 3.8 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,208 | 0,32 | 0,047 | 60,72 |
| Ф.1 | 3.6 | 3.7 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,339 | 0,35 | 0,057 | 73,64 |
| Ф.1 | 3.5 | 3.6 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,462 | 0,39 | 0,068 | 87,86 |
| Ф.1 | 3.4 | 3.5 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,577 | 0,42 | 0,079 | 102,07 |
| Ф.1 | 3.3 | 3.4 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,720 | 0,45 | 0,094 | 121,45 |
| Ф.1 | 3.2 | 3.3 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,816 | 0,48 | 0,105 | 135,66 |
| Ф.1 | 3.1 | 3.2 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,934 | 0,51 | 0,119 | 153,75 |
| Ф.1 | 3 | 3.1 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 2,030 | 0,53 | 0,132 | 170,54 |
| Ф.1 | 3.25 | 3.26 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,281 | 0,07 | 0,003 | 3,88 |

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | Длина участка, км | Сечение провода, мм2 | г ₀ , Ом/км | х ₀ , Ом/км | ΔU, В | ΔU, % | ΔP _л , кВт | ΔW _л , кВт.ч |
|-------|-----------------|----------------|-------------------|----------------------|------------------------|------------------------|--------|-------|-----------------------|-------------------------|
| Ф.1 | 3.24 | 3.25 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,543 | 0,14 | 0,009 | 11,63 |
| Ф.1 | 3.23 | 3.24 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,644 | 0,17 | 0,013 | 16,80 |
| Ф.1 | 3.22 | 3.23 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,832 | 0,22 | 0,022 | 28,42 |
| Ф.1 | 3.21 | 3.22 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,925 | 0,24 | 0,027 | 34,88 |
| Ф.1 | 3.20 | 3.21 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,048 | 0,28 | 0,035 | 45,22 |
| Ф.1 | 3.19 | 3.20 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,208 | 0,32 | 0,047 | 60,72 |
| Ф.1 | 3.18 | 3.19 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,300 | 0,34 | 0,054 | 69,77 |
| Ф.1 | 3.17 | 3.18 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,383 | 0,36 | 0,061 | 78,81 |
| Ф.1 | 3.16 | 3.17 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,544 | 0,41 | 0,076 | 98,19 |
| Ф.1 | 3 | 3.16 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,684 | 0,44 | 0,090 | 116,28 |
| Ф.1 | 2 | 3 | 0,08 | 95 | 0,299 | 0,332 | 8,316 | 2,19 | 1,615 | 2086,58 |
| Ф.1 | 2.13 | 2.14 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,281 | 0,07 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.1 | 2.12 | 2.13 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,482 | 0,13 | 0,007 | 9,04 |
| Ф.1 | 2.11 | 2.12 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,694 | 0,18 | 0,015 | 19,38 |
| Ф.1 | 2.10 | 2.11 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,862 | 0,23 | 0,024 | 31,01 |
| Ф.1 | 2.9 | 2.10 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,968 | 0,26 | 0,030 | 38,76 |
| Ф.1 | 2.8 | 2.9 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,084 | 0,29 | 0,037 | 47,80 |
| Ф.1 | 2.7 | 2.8 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,254 | 0,33 | 0,050 | 64,60 |
| Ф.1 | 2.6 | 2.7 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,426 | 0,38 | 0,065 | 83,98 |
| Ф.1 | 2.5 | 2.6 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,544 | 0,41 | 0,076 | 98,19 |
| Ф.1 | 2.4 | 2.5 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,653 | 0,44 | 0,087 | 112,40 |
| Ф.1 | 2.3 | 2.4 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,755 | 0,46 | 0,098 | 126,62 |
| Ф.1 | 2.2 | 2.3 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,816 | 0,48 | 0,105 | 135,66 |
| Ф.1 | 2.1 | 2.2 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,934 | 0,51 | 0,119 | 153,75 |
| Ф.1 | 2 | 2.1 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 2,030 | 0,53 | 0,132 | 170,54 |
| Ф.1 | 2.24 | 2.25 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,358 | 0,09 | 0,004 | 5,17 |
| Ф.1 | 2.23 | 2.24 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,543 | 0,14 | 0,009 | 11,63 |
| Ф.1 | 2.22 | 2.23 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,732 | 0,19 | 0,017 | 21,96 |
| Ф.1 | 2.21 | 2.22 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,862 | 0,23 | 0,024 | 31,01 |
| Ф.1 | 2.20 | 2.21 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,968 | 0,26 | 0,030 | 38,76 |
| Ф.1 | 2.19 | 2.20 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,118 | 0,29 | 0,040 | 51,68 |
| Ф.1 | 2.18 | 2.19 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,208 | 0,32 | 0,047 | 60,72 |
| Ф.1 | 2.17 | 2.18 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,339 | 0,35 | 0,057 | 73,64 |
| Ф.1 | 2.16 | 2.17 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,426 | 0,38 | 0,065 | 83,98 |
| Ф.1 | 2.15 | 2.16 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,503 | 0,40 | 0,072 | 93,02 |
| Ф.1 | 2 | 2.15 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,653 | 0,44 | 0,087 | 112,40 |
| Ф.1 | 1 | 2 | 0,08 | 95 | 0,299 | 0,332 | 10,307 | 2,71 | 2,481 | 3205,45 |
| Ф.1 | 1.13 | 1.14 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,281 | 0,07 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.1 | 1.12 | 1.13 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,482 | 0,13 | 0,007 | 9,04 |
| Ф.1 | 1.11 | 1.12 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,644 | 0,17 | 0,013 | 16,80 |
| Ф.1 | 1.10 | 1.11 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,832 | 0,22 | 0,022 | 28,42 |
| Ф.1 | 1.9 | 1.10 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,968 | 0,26 | 0,030 | 38,76 |
| Ф.1 | 1.8 | 1.9 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,118 | 0,29 | 0,040 | 51,68 |
| Ф.1 | 1.7 | 1.8 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,300 | 0,34 | 0,054 | 69,77 |
| Ф.1 | 1.6 | 1.7 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,383 | 0,36 | 0,061 | 78,81 |
| Ф.1 | 1.5 | 1.6 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,544 | 0,41 | 0,076 | 98,19 |
| Ф.1 | 1.4 | 1.5 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,684 | 0,44 | 0,090 | 116,28 |
| Ф.1 | 1.3 | 1.4 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,816 | 0,48 | 0,105 | 135,66 |
| Ф.1 | 1.2 | 1.3 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,873 | 0,49 | 0,112 | 144,70 |
| Ф.1 | 1.1 | 1.2 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,984 | 0,52 | 0,126 | 162,79 |
| Ф.1 | 1 | 1.1 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 2,081 | 0,55 | 0,138 | 178,30 |
| Ф.1 | 1.25 | 1.26 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,358 | 0,09 | 0,004 | 5,17 |
| Ф.1 | 1.24 | 1.25 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,543 | 0,14 | 0,009 | 11,63 |
| Ф.1 | 1.23 | 1.24 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,732 | 0,19 | 0,017 | 21,96 |
| Ф.1 | 1.22 | 1.23 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,832 | 0,22 | 0,022 | 28,42 |
| Ф.1 | 1.21 | 1.22 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,925 | 0,24 | 0,027 | 34,88 |
| Ф.1 | 1.20 | 1.21 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,048 | 0,28 | 0,035 | 45,22 |

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | Длина участка, км | Сечение провода, мм ² | г ₀ , Ом/км | х ₀ , Ом/км | ΔU, В | ΔU, % | ΔРл, кВт | ΔWл, кВт.ч |
|-------|-----------------|----------------|-------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|-------|-------|----------|------------|
| Ф.1 | 1.19 | 1.20 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,166 | 0,31 | 0,043 | 55,56 |
| Ф.1 | 1.18 | 1.19 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,300 | 0,34 | 0,054 | 69,77 |
| Ф.1 | 1.17 | 1.18 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,426 | 0,38 | 0,065 | 83,98 |
| Ф.1 | 1.16 | 1.17 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,577 | 0,42 | 0,079 | 102,07 |
| Ф.1 | 1.15 | 1.16 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,684 | 0,44 | 0,090 | 116,28 |
| Ф.1 | 1 | 1.15 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,755 | 0,46 | 0,098 | 126,62 |
| Ф.1 | КТПН | 1 | 0,015 | 95 | 0,299 | 0,332 | 2,271 | 0,60 | 0,642 | 829,46 |

Таблица 2.4 – Расчет потерь напряжения, мощности и электроэнергии в сети 0,4 кВ по сегментам ЛЭП 0,4 кВ линии Л2 (Ф.2) от КТПН до реконструкции

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | Длина участка, км | Сечение провода, мм ² | г ₀ , Ом/км | х ₀ , Ом/км | ΔU, В | ΔU, % | ΔРл, кВт | ΔWл, кВт.ч |
|-------|-----------------|----------------|-------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|-------|-------|----------|------------|
| Ф.2 | 10.1 | 10.2 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,281 | 0,07 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 10 | 10.1 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,432 | 0,11 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.2 | 10.15 | 10.16 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,281 | 0,07 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 10.14 | 10.15 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,432 | 0,11 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.2 | 10.13 | 10.14 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,482 | 0,13 | 0,007 | 9,04 |
| Ф.2 | 10.12 | 10.13 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,580 | 0,15 | 0,011 | 14,21 |
| Ф.2 | 10.11 | 10.12 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,784 | 0,21 | 0,020 | 25,84 |
| Ф.2 | 10.10 | 10.11 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,862 | 0,23 | 0,024 | 31,01 |
| Ф.2 | 10.9 | 10.10 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,925 | 0,24 | 0,027 | 34,88 |
| Ф.2 | 10.8 | 10.9 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,084 | 0,29 | 0,037 | 47,80 |
| Ф.2 | 10.7 | 10.8 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,166 | 0,31 | 0,043 | 55,56 |
| Ф.2 | 10.6 | 10.7 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,300 | 0,34 | 0,054 | 69,77 |
| Ф.2 | 10.5 | 10.6 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,426 | 0,38 | 0,065 | 83,98 |
| Ф.2 | 10.4 | 10.5 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,544 | 0,41 | 0,076 | 98,19 |
| Ф.2 | 10.3 | 10.4 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,653 | 0,44 | 0,087 | 112,40 |
| Ф.2 | 10 | 10.3 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,755 | 0,46 | 0,098 | 126,62 |
| Ф.2 | 9 | 10 | 0,08 | 95 | 0,299 | 0,332 | 2,201 | 0,58 | 0,113 | 146,00 |
| Ф.2 | 9.1 | 9.2 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,281 | 0,07 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 9 | 9.1 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,432 | 0,11 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.2 | 9.15 | 9.16 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,281 | 0,07 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 9.14 | 9.15 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,432 | 0,11 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.2 | 9.13 | 9.14 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,644 | 0,17 | 0,013 | 16,80 |
| Ф.2 | 9.12 | 9.13 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,732 | 0,19 | 0,017 | 21,96 |
| Ф.2 | 9.11 | 9.12 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,862 | 0,23 | 0,024 | 31,01 |
| Ф.2 | 9.10 | 9.11 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,968 | 0,26 | 0,030 | 38,76 |
| Ф.2 | 9.9 | 9.10 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,048 | 0,28 | 0,035 | 45,22 |
| Ф.2 | 9.8 | 9.9 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,208 | 0,32 | 0,047 | 60,72 |
| Ф.2 | 9.7 | 9.8 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,300 | 0,34 | 0,054 | 69,77 |
| Ф.2 | 9.6 | 9.7 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,383 | 0,36 | 0,061 | 78,81 |
| Ф.2 | 9.5 | 9.6 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,544 | 0,41 | 0,076 | 98,19 |
| Ф.2 | 9.4 | 9.5 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,616 | 0,43 | 0,083 | 107,24 |
| Ф.2 | 9.3 | 9.4 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,684 | 0,44 | 0,090 | 116,28 |
| Ф.2 | 9 | 9.3 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,816 | 0,48 | 0,105 | 135,66 |
| Ф.2 | 8 | 9 | 0,08 | 95 | 0,299 | 0,332 | 3,491 | 0,92 | 0,284 | 366,93 |
| Ф.2 | 8.2 | 8.3 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,193 | 0,05 | 0,001 | 1,29 |
| Ф.2 | 8.1 | 8.2 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,358 | 0,09 | 0,004 | 5,17 |
| Ф.2 | 8 | 8.1 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,543 | 0,14 | 0,009 | 11,63 |
| Ф.2 | 8.16 | 8.17 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,281 | 0,07 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 8.15 | 8.16 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,432 | 0,11 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.2 | 8.14 | 8.15 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,543 | 0,14 | 0,009 | 11,63 |
| Ф.2 | 8.13 | 8.14 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,732 | 0,19 | 0,017 | 21,96 |

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | Длина участка, км | Сечение провода, мм2 | г ₀ , Ом/км | х ₀ , Ом/км | ΔU, В | ΔU, % | ΔP _л , кВт | ΔW _л , кВт.ч |
|-------|-----------------|----------------|-------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-------|-------|-----------------------|-------------------------|
| Ф.2 | 8.12 | 8.13 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,832 | 0,22 | 0,022 | 28,42 |
| Ф.2 | 8.11 | 8.12 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,890 | 0,23 | 0,025 | 32,30 |
| Ф.2 | 8.10 | 8.11 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,968 | 0,26 | 0,030 | 38,76 |
| Ф.2 | 8.9 | 8.10 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,118 | 0,29 | 0,040 | 51,68 |
| Ф.2 | 8.8 | 8.9 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,208 | 0,32 | 0,047 | 60,72 |
| Ф.2 | 8.7 | 8.8 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,300 | 0,34 | 0,054 | 69,77 |
| Ф.2 | 8.6 | 8.7 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,462 | 0,39 | 0,068 | 87,86 |
| Ф.2 | 8.5 | 8.6 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,544 | 0,41 | 0,076 | 98,19 |
| Ф.2 | 8.4 | 8.5 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,616 | 0,43 | 0,083 | 107,24 |
| Ф.2 | 8 | 8.4 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,684 | 0,44 | 0,090 | 116,28 |
| Ф.2 | 7 | 8 | 0,08 | 95 | 0,299 | 0,332 | 2,201 | 0,58 | 0,113 | 146,00 |
| Ф.2 | 7 | 7.1 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,193 | 0,05 | 0,001 | 1,29 |
| Ф.2 | 7.2 | 7.3 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,193 | 0,05 | 0,001 | 1,29 |
| Ф.2 | 7 | 7.2 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,281 | 0,07 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 6 | 7 | 0,08 | 95 | 0,299 | 0,332 | 4,670 | 1,23 | 0,509 | 657,63 |
| Ф.2 | 6.4 | 6.5 | 0,08 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,385 | 0,10 | 0,002 | 2,58 |
| Ф.2 | 6.3 | 6.4 | 0,08 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,563 | 0,15 | 0,005 | 6,46 |
| Ф.2 | 6.2 | 6.3 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,358 | 0,09 | 0,004 | 5,17 |
| Ф.2 | 6.1 | 6.2 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,543 | 0,14 | 0,009 | 11,63 |
| Ф.2 | 6 | 6.1 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,644 | 0,17 | 0,013 | 16,80 |
| Ф.2 | 6.11 | 6.12 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,193 | 0,05 | 0,001 | 1,29 |
| Ф.2 | 6.10 | 6.11 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,281 | 0,07 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 6.9 | 6.10 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,358 | 0,09 | 0,004 | 5,17 |
| Ф.2 | 6.8 | 6.9 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,432 | 0,11 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.2 | 6.7 | 6.8 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,543 | 0,14 | 0,009 | 11,63 |
| Ф.2 | 6.6 | 6.7 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,644 | 0,17 | 0,013 | 16,80 |
| Ф.2 | 6 | 6.6 | 0,08 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,388 | 0,37 | 0,031 | 40,05 |
| Ф.2 | 5 | 6 | 0,08 | 95 | 0,299 | 0,332 | 5,196 | 1,37 | 0,630 | 813,96 |
| Ф.2 | 5.10 | 5.11 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,281 | 0,07 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 5.9 | 5.10 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,482 | 0,13 | 0,007 | 9,04 |
| Ф.2 | 5.8 | 5.9 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,694 | 0,18 | 0,015 | 19,38 |
| Ф.2 | 5.7 | 5.8 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,862 | 0,23 | 0,024 | 31,01 |
| Ф.2 | 5.6 | 5.7 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,968 | 0,26 | 0,030 | 38,76 |
| Ф.2 | 5.5 | 5.6 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,084 | 0,29 | 0,037 | 47,80 |
| Ф.2 | 5.4 | 5.5 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,208 | 0,32 | 0,047 | 60,72 |
| Ф.2 | 5.3 | 5.4 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,339 | 0,35 | 0,057 | 73,64 |
| Ф.2 | 5.2 | 5.3 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,503 | 0,40 | 0,072 | 93,02 |
| Ф.2 | 5.1 | 5.2 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,616 | 0,43 | 0,083 | 107,24 |
| Ф.2 | 5 | 5.1 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,720 | 0,45 | 0,094 | 121,45 |
| Ф.2 | 5.23 | 5.24 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,432 | 0,11 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.2 | 5.22 | 5.23 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,644 | 0,17 | 0,013 | 16,80 |
| Ф.2 | 5.21 | 5.22 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,784 | 0,21 | 0,020 | 25,84 |
| Ф.2 | 5.20 | 5.21 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,890 | 0,23 | 0,025 | 32,30 |
| Ф.2 | 5.19 | 5.20 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,009 | 0,27 | 0,032 | 41,34 |
| Ф.2 | 5.18 | 5.19 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,118 | 0,29 | 0,040 | 51,68 |
| Ф.2 | 5.17 | 5.18 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,208 | 0,32 | 0,047 | 60,72 |
| Ф.2 | 5.16 | 5.17 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,383 | 0,36 | 0,061 | 78,81 |
| Ф.2 | 5.15 | 5.16 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,462 | 0,39 | 0,068 | 87,86 |
| Ф.2 | 5.14 | 5.15 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,544 | 0,41 | 0,076 | 98,19 |
| Ф.2 | 5.13 | 5.14 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,653 | 0,44 | 0,087 | 112,40 |
| Ф.2 | 5.12 | 5.13 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,755 | 0,46 | 0,098 | 126,62 |
| Ф.2 | 5 | 5.12 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,849 | 0,49 | 0,109 | 140,83 |
| Ф.2 | 4 | 5 | 0,08 | 95 | 0,299 | 0,332 | 7,258 | 1,91 | 1,230 | 1589,16 |
| Ф.2 | 4.10 | 4.11 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,432 | 0,11 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.2 | 4.9 | 4.10 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,543 | 0,14 | 0,009 | 11,63 |
| Ф.2 | 4.8 | 4.9 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,732 | 0,19 | 0,017 | 21,96 |
| Ф.2 | 4.7 | 4.8 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,890 | 0,23 | 0,025 | 32,30 |

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | Длина участка, км | Сечение провода, мм2 | г ₀ , Ом/км | х ₀ , Ом/км | ΔU, В | ΔU, % | ΔP _л , кВт | ΔW _л , кВт.ч |
|-------|-----------------|----------------|-------------------|----------------------|------------------------|------------------------|--------|-------|-----------------------|-------------------------|
| Ф.2 | 4.6 | 4.7 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,009 | 0,27 | 0,032 | 41,34 |
| Ф.2 | 4.5 | 4.6 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,166 | 0,31 | 0,043 | 55,56 |
| Ф.2 | 4.4 | 4.5 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,339 | 0,35 | 0,057 | 73,64 |
| Ф.2 | 4.3 | 4.4 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,503 | 0,40 | 0,072 | 93,02 |
| Ф.2 | 4.2 | 4.3 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,653 | 0,44 | 0,087 | 112,40 |
| Ф.2 | 4.1 | 4.2 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,783 | 0,47 | 0,101 | 130,49 |
| Ф.2 | 4 | 4.1 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,904 | 0,50 | 0,116 | 149,87 |
| Ф.2 | 4.23 | 4.24 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,281 | 0,07 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 4.22 | 4.23 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,482 | 0,13 | 0,007 | 9,04 |
| Ф.2 | 4.21 | 4.22 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,580 | 0,15 | 0,011 | 14,21 |
| Ф.2 | 4.20 | 4.21 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,784 | 0,21 | 0,020 | 25,84 |
| Ф.2 | 4.19 | 4.20 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,925 | 0,24 | 0,027 | 34,88 |
| Ф.2 | 4.18 | 4.19 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,048 | 0,28 | 0,035 | 45,22 |
| Ф.2 | 4.17 | 4.18 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,208 | 0,32 | 0,047 | 60,72 |
| Ф.2 | 4.16 | 4.17 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,383 | 0,36 | 0,061 | 78,81 |
| Ф.2 | 4.15 | 4.16 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,462 | 0,39 | 0,068 | 87,86 |
| Ф.2 | 4.14 | 4.15 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,616 | 0,43 | 0,083 | 107,24 |
| Ф.2 | 4.13 | 4.14 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,684 | 0,44 | 0,090 | 116,28 |
| Ф.2 | 4.12 | 4.13 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,816 | 0,48 | 0,105 | 135,66 |
| Ф.2 | 4 | 4.12 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,934 | 0,51 | 0,119 | 153,75 |
| Ф.2 | 3 | 4 | 0,08 | 95 | 0,299 | 0,332 | 9,485 | 2,50 | 2,101 | 2714,49 |
| Ф.2 | 3.11 | 3.12 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,432 | 0,11 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.2 | 3.10 | 3.11 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,644 | 0,17 | 0,013 | 16,80 |
| Ф.2 | 3.9 | 3.10 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,732 | 0,19 | 0,017 | 21,96 |
| Ф.2 | 3.8 | 3.9 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,890 | 0,23 | 0,025 | 32,30 |
| Ф.2 | 3.7 | 3.8 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,048 | 0,28 | 0,035 | 45,22 |
| Ф.2 | 3.6 | 3.7 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,166 | 0,31 | 0,043 | 55,56 |
| Ф.2 | 3.5 | 3.6 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,339 | 0,35 | 0,057 | 73,64 |
| Ф.2 | 3.4 | 3.5 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,503 | 0,40 | 0,072 | 93,02 |
| Ф.2 | 3.3 | 3.4 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,577 | 0,42 | 0,079 | 102,07 |
| Ф.2 | 3.2 | 3.3 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,684 | 0,44 | 0,090 | 116,28 |
| Ф.2 | 3.1 | 3.2 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,816 | 0,48 | 0,105 | 135,66 |
| Ф.2 | 3 | 3.1 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,934 | 0,51 | 0,119 | 153,75 |
| Ф.2 | 3.23 | 3.24 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,358 | 0,09 | 0,004 | 5,17 |
| Ф.2 | 3.22 | 3.23 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,482 | 0,13 | 0,007 | 9,04 |
| Ф.2 | 3.21 | 3.22 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,694 | 0,18 | 0,015 | 19,38 |
| Ф.2 | 3.20 | 3.21 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,862 | 0,23 | 0,024 | 31,01 |
| Ф.2 | 3.19 | 3.20 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,009 | 0,27 | 0,032 | 41,34 |
| Ф.2 | 3.18 | 3.19 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,118 | 0,29 | 0,040 | 51,68 |
| Ф.2 | 3.17 | 3.18 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,300 | 0,34 | 0,054 | 69,77 |
| Ф.2 | 3.16 | 3.17 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,462 | 0,39 | 0,068 | 87,86 |
| Ф.2 | 3.15 | 3.16 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,577 | 0,42 | 0,079 | 102,07 |
| Ф.2 | 3.14 | 3.15 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,684 | 0,44 | 0,090 | 116,28 |
| Ф.2 | 3.13 | 3.14 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,816 | 0,48 | 0,105 | 135,66 |
| Ф.2 | 3 | 3.13 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,934 | 0,51 | 0,119 | 153,75 |
| Ф.2 | 2 | 3 | 0,08 | 95 | 0,299 | 0,332 | 11,421 | 3,01 | 3,046 | 3935,43 |
| Ф.2 | 2.12 | 2.13 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,358 | 0,09 | 0,004 | 5,17 |
| Ф.2 | 2.11 | 2.12 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,580 | 0,15 | 0,011 | 14,21 |
| Ф.2 | 2.10 | 2.11 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,732 | 0,19 | 0,017 | 21,96 |
| Ф.2 | 2.9 | 2.10 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,862 | 0,23 | 0,024 | 31,01 |
| Ф.2 | 2.8 | 2.9 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,009 | 0,27 | 0,032 | 41,34 |
| Ф.2 | 2.7 | 2.8 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,118 | 0,29 | 0,040 | 51,68 |
| Ф.2 | 2.6 | 2.7 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,254 | 0,33 | 0,050 | 64,60 |
| Ф.2 | 2.5 | 2.6 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,426 | 0,38 | 0,065 | 83,98 |
| Ф.2 | 2.4 | 2.5 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,544 | 0,41 | 0,076 | 98,19 |
| Ф.2 | 2.3 | 2.4 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,684 | 0,44 | 0,090 | 116,28 |
| Ф.2 | 2.2 | 2.3 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,816 | 0,48 | 0,105 | 135,66 |

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | Длина участка, км | Сечение провода, мм ² | г ₀ , Ом/км | х ₀ , Ом/км | ΔU, В | ΔU, % | ΔP _л , кВт | ΔW _л , кВт.ч |
|-------|-----------------|----------------|-------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|--------|-------|-----------------------|-------------------------|
| Ф.2 | 2.1 | 2.2 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,904 | 0,50 | 0,116 | 149,87 |
| Ф.2 | 2 | 2.1 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 2,012 | 0,53 | 0,129 | 166,67 |
| Ф.2 | 2.24 | 2.25 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,358 | 0,09 | 0,004 | 5,17 |
| Ф.2 | 2.23 | 2.24 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,580 | 0,15 | 0,011 | 14,21 |
| Ф.2 | 2.22 | 2.23 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,732 | 0,19 | 0,017 | 21,96 |
| Ф.2 | 2.21 | 2.22 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,890 | 0,23 | 0,025 | 32,30 |
| Ф.2 | 2.20 | 2.21 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,048 | 0,28 | 0,035 | 45,22 |
| Ф.2 | 2.19 | 2.20 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,166 | 0,31 | 0,043 | 55,56 |
| Ф.2 | 2.18 | 2.19 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,300 | 0,34 | 0,054 | 69,77 |
| Ф.2 | 2.17 | 2.18 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,426 | 0,38 | 0,065 | 83,98 |
| Ф.2 | 2.16 | 2.17 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,544 | 0,41 | 0,076 | 98,19 |
| Ф.2 | 2.15 | 2.16 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,684 | 0,44 | 0,090 | 116,28 |
| Ф.2 | 2.14 | 2.15 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,816 | 0,48 | 0,105 | 135,66 |
| Ф.2 | 2 | 2.14 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,934 | 0,51 | 0,119 | 153,75 |
| Ф.2 | 1 | 2 | 0,08 | 95 | 0,299 | 0,332 | 13,090 | 3,45 | 4,001 | 5169,29 |
| Ф.2 | 1.13 | 1.14 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,281 | 0,07 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 1.12 | 1.13 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,432 | 0,11 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.2 | 1.11 | 1.12 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,644 | 0,17 | 0,013 | 16,80 |
| Ф.2 | 1.10 | 1.11 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,832 | 0,22 | 0,022 | 28,42 |
| Ф.2 | 1.9 | 1.10 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,968 | 0,26 | 0,030 | 38,76 |
| Ф.2 | 1.8 | 1.9 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,118 | 0,29 | 0,040 | 51,68 |
| Ф.2 | 1.7 | 1.8 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,300 | 0,34 | 0,054 | 69,77 |
| Ф.2 | 1.6 | 1.7 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,383 | 0,36 | 0,061 | 78,81 |
| Ф.2 | 1.5 | 1.6 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,544 | 0,41 | 0,076 | 98,19 |
| Ф.2 | 1.4 | 1.5 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,653 | 0,44 | 0,087 | 112,40 |
| Ф.2 | 1.3 | 1.4 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,783 | 0,47 | 0,101 | 130,49 |
| Ф.2 | 1.2 | 1.3 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,873 | 0,49 | 0,112 | 144,70 |
| Ф.2 | 1.1 | 1.2 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,956 | 0,52 | 0,122 | 157,62 |
| Ф.2 | 1 | 1.1 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 2,056 | 0,54 | 0,135 | 174,42 |
| Ф.2 | 1.24 | 1.25 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,358 | 0,09 | 0,004 | 5,17 |
| Ф.2 | 1.23 | 1.24 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,543 | 0,14 | 0,009 | 11,63 |
| Ф.2 | 1.22 | 1.23 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,732 | 0,19 | 0,017 | 21,96 |
| Ф.2 | 1.21 | 1.22 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,890 | 0,23 | 0,025 | 32,30 |
| Ф.2 | 1.20 | 1.21 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 0,968 | 0,26 | 0,030 | 38,76 |
| Ф.2 | 1.19 | 1.20 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,118 | 0,29 | 0,040 | 51,68 |
| Ф.2 | 1.18 | 1.19 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,300 | 0,34 | 0,054 | 69,77 |
| Ф.2 | 1.17 | 1.18 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,426 | 0,38 | 0,065 | 83,98 |
| Ф.2 | 1.16 | 1.17 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,577 | 0,42 | 0,079 | 102,07 |
| Ф.2 | 1.15 | 1.16 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,755 | 0,46 | 0,098 | 126,62 |
| Ф.2 | 1 | 1.15 | 0,04 | 50 | 0,592 | 0,355 | 1,873 | 0,49 | 0,112 | 144,70 |
| Ф.2 | КТПН | 1 | 0,06 | 95 | 0,299 | 0,332 | 11,351 | 2,99 | 4,011 | 5182,21 |

На основании результатов расчетов указанных таблиц 2.3-2.4 находим потери напряжения до самых удаленных точек участков, для этого предварительно составив отдельные для этой цели таблицы 2.5-2.6:

– до наиболее удаленной точки Л1 (Ф.1) (опора 5.14), в соответствии с таблицей 2.5:

$$\Delta U_{Л1.max} = 16,09\% > 10\%.$$

– до наиболее удаленной точки Л2 (Ф.2) (опора 10.16):

$$\Delta U_{Л2.max} = 22,46\% > 10\%.$$

Таблица 2.5 – Потери напряжения до наиболее удаленной точки Л1 (Ф.1) (опора 5.14)

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | $\Delta U, \%$ |
|-------|-----------------|----------------|----------------|
| Ф.1 | 5.13 | 5.14 | 0,11 |
| Ф.1 | 5.12 | 5.13 | 0,17 |
| Ф.1 | 5.11 | 5.12 | 0,22 |
| Ф.1 | 5.10 | 5.11 | 0,23 |
| Ф.1 | 5.9 | 5.10 | 0,27 |
| Ф.1 | 5.8 | 5.9 | 0,31 |
| Ф.1 | 5.7 | 5.8 | 0,34 |
| Ф.1 | 5.6 | 5.7 | 0,39 |
| Ф.1 | 5.5 | 5.6 | 0,43 |
| Ф.1 | 5.4 | 5.5 | 0,45 |
| Ф.1 | 5.3 | 5.4 | 0,49 |
| Ф.1 | 5.2 | 5.3 | 0,52 |
| Ф.1 | 5.1 | 5.2 | 0,54 |
| Ф.1 | 5 | 5.1 | 0,57 |
| Ф.1 | 5.23 | 5.24 | 0,11 |
| Ф.1 | 5.22 | 5.23 | 0,17 |
| Ф.1 | 5.21 | 5.22 | 0,21 |
| Ф.1 | 5.20 | 5.21 | 0,23 |
| Ф.1 | 5.19 | 5.20 | 0,28 |
| Ф.1 | 5.18 | 5.19 | 0,32 |
| Ф.1 | 5.17 | 5.18 | 0,36 |
| Ф.1 | 5.16 | 5.17 | 0,41 |
| Ф.1 | 5.15 | 5.16 | 0,44 |
| Ф.1 | 5 | 5.15 | 0,47 |
| Ф.1 | 4 | 5 | 0,96 |
| Ф.1 | 3 | 4 | 1,61 |
| Ф.1 | 2 | 3 | 2,19 |
| Ф.1 | 1 | 2 | 2,71 |
| Ф.1 | КТПН | 1 | 0,60 |
| ИТОГО | | | 16,09 |

Таблица 2.6 – Потери напряжения до наиболее удаленной точки Л2 (Ф.2) (опора 10.16)

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | $\Delta U, \%$ |
|-------|-----------------|----------------|----------------|
| Ф.2 | 10.1 | 10.2 | 0,07 |
| Ф.2 | 10 | 10.1 | 0,11 |
| Ф.2 | 10.15 | 10.16 | 0,07 |
| Ф.2 | 10.14 | 10.15 | 0,11 |
| Ф.2 | 10.13 | 10.14 | 0,13 |
| Ф.2 | 10.12 | 10.13 | 0,15 |

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | ΔU , % |
|-------|-----------------|----------------|----------------|
| Ф.2 | 10.10 | 10.11 | 0,23 |
| Ф.2 | 10.11 | 10.12 | 0,21 |
| Ф.2 | 10.9 | 10.10 | 0,24 |
| Ф.2 | 10.8 | 10.9 | 0,29 |
| Ф.2 | 10.7 | 10.8 | 0,31 |
| Ф.2 | 10.6 | 10.7 | 0,34 |
| Ф.2 | 10.5 | 10.6 | 0,38 |
| Ф.2 | 10.4 | 10.5 | 0,41 |
| Ф.2 | 10.3 | 10.4 | 0,44 |
| Ф.2 | 10 | 10.3 | 0,46 |
| Ф.2 | 9 | 10 | 0,58 |
| Ф.2 | 8 | 9 | 0,92 |
| Ф.2 | 7 | 8 | 0,58 |
| Ф.2 | 6 | 7 | 1,23 |
| Ф.2 | 5 | 6 | 1,37 |
| Ф.2 | 4 | 5 | 1,91 |
| Ф.2 | 3 | 4 | 2,50 |
| Ф.2 | 2 | 3 | 3,01 |
| Ф.2 | 1 | 2 | 3,45 |
| Ф.2 | КТПН | 1 | 2,99 |
| ИТОГО | | | 22,46 |

Потери напряжения, мощности и электроэнергии в существующей сети являются достаточно большими, что требует увеличения сечений проводов на данных протяженных участках. Если увеличение сечений проводов не может решить проблемы с неудовлетворительным качеством электроэнергии, то возникнет необходимость смены конфигурации сети.

3 Практическая часть

3.1 Выбор новых сечений ЛЭП 0,4 кВ

Для сохранения исходной конфигурации электрической сети СНТСН «Энтузиаст» необходимо увеличить сечения проводов, и вместо проводов марки АС применить СИП-2. При этом электрические нагрузки остаются теми же, т.е. их новый расчет не требуется. Изменяются только потери напряжения, мощности и электроэнергии в питающих проводах. Поэтому произведем аналогичные расчеты по формулам п.2 с новыми сечениями проводов. Результаты представлены в таблицах 3.1-3.2.

Таблица 3.1 – Расчет потерь напряжения, мощности и электроэнергии по сегментам ЛЭП 0,4 кВ линии Л1 (Ф.1) от КТПН после реконструкции

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | Длина участка, км | Сечение провода, мм ² | г ₀ , Ом/км | х ₀ , Ом/км | ΔU, В | ΔU, % | ΔP _л , кВт | ΔW _л , кВт.ч |
|-------|-----------------|----------------|-------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|-------|-------|-----------------------|-------------------------|
| Ф.1 | 5.13 | 5.14 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,165 | 0,04 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.1 | 5.12 | 5.13 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,247 | 0,07 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.1 | 5.11 | 5.12 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,318 | 0,08 | 0,009 | 11,63 |
| Ф.1 | 5.10 | 5.11 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,341 | 0,09 | 0,011 | 14,21 |
| Ф.1 | 5.9 | 5.10 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,386 | 0,10 | 0,014 | 18,09 |
| Ф.1 | 5.8 | 5.9 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,446 | 0,12 | 0,018 | 23,26 |
| Ф.1 | 5.7 | 5.8 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,497 | 0,13 | 0,023 | 29,72 |
| Ф.1 | 5.6 | 5.7 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,559 | 0,15 | 0,029 | 37,47 |
| Ф.1 | 5.5 | 5.6 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,618 | 0,16 | 0,035 | 45,22 |
| Ф.1 | 5.4 | 5.5 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,658 | 0,17 | 0,040 | 51,68 |
| Ф.1 | 5.3 | 5.4 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,707 | 0,19 | 0,046 | 59,43 |
| Ф.1 | 5.2 | 5.3 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,748 | 0,20 | 0,052 | 67,18 |
| Ф.1 | 5.1 | 5.2 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,786 | 0,21 | 0,057 | 73,64 |
| Ф.1 | 5 | 5.1 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,823 | 0,22 | 0,062 | 80,10 |
| Ф.1 | 5.23 | 5.24 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,165 | 0,04 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.1 | 5.22 | 5.23 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,247 | 0,07 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.1 | 5.21 | 5.22 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,300 | 0,08 | 0,008 | 10,34 |
| Ф.1 | 5.20 | 5.21 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,341 | 0,09 | 0,011 | 14,21 |
| Ф.1 | 5.19 | 5.20 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,401 | 0,11 | 0,015 | 19,38 |
| Ф.1 | 5.18 | 5.19 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,462 | 0,12 | 0,020 | 25,84 |
| Ф.1 | 5.17 | 5.18 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,529 | 0,14 | 0,026 | 33,59 |
| Ф.1 | 5.16 | 5.17 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,590 | 0,16 | 0,032 | 41,34 |
| Ф.1 | 5.15 | 5.16 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,644 | 0,17 | 0,038 | 49,10 |
| Ф.1 | 5 | 5.15 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,682 | 0,18 | 0,043 | 55,56 |
| Ф.1 | 4 | 5 | 0,08 | 240 | 0,164 | 0,0723 | 1,633 | 0,43 | 0,170 | 219,64 |
| Ф.1 | 4.14 | 4.15 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,137 | 0,04 | 0,002 | 2,58 |
| Ф.1 | 4.13 | 4.14 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,208 | 0,06 | 0,004 | 5,17 |
| Ф.1 | 4.12 | 4.13 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,280 | 0,07 | 0,007 | 9,04 |
| Ф.1 | 4.11 | 4.12 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,341 | 0,09 | 0,011 | 14,21 |
| Ф.1 | 4.10 | 4.11 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,401 | 0,11 | 0,015 | 19,38 |

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | Длина участка, км | Сечение провода, мм ² | го, Ом/км | хо, Ом/км | ΔU, В | ΔU, % | ΔРл, кВт | ΔWл, кВт.ч |
|-------|-----------------|----------------|-------------------|----------------------------------|-----------|-----------|-------|-------|----------|------------|
| Ф.1 | 4.9 | 4.10 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,446 | 0,12 | 0,018 | 23,26 |
| Ф.1 | 4.8 | 4.9 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,512 | 0,14 | 0,024 | 31,01 |
| Ф.1 | 4.7 | 4.8 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,545 | 0,14 | 0,027 | 34,88 |
| Ф.1 | 4.6 | 4.7 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,559 | 0,15 | 0,029 | 37,47 |
| Ф.1 | 4.5 | 4.6 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,618 | 0,16 | 0,035 | 45,22 |
| Ф.1 | 4.4 | 4.5 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,671 | 0,18 | 0,042 | 54,26 |
| Ф.1 | 4.3 | 4.4 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,695 | 0,18 | 0,044 | 56,85 |
| Ф.1 | 4.2 | 4.3 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,740 | 0,20 | 0,050 | 64,60 |
| Ф.1 | 4.1 | 4.2 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,770 | 0,20 | 0,055 | 71,06 |
| Ф.1 | 4 | 4.1 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,802 | 0,21 | 0,059 | 76,23 |
| Ф.1 | 4.25 | 4.26 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,137 | 0,04 | 0,002 | 2,58 |
| Ф.1 | 4.24 | 4.25 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,208 | 0,06 | 0,004 | 5,17 |
| Ф.1 | 4.23 | 4.24 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,265 | 0,07 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.1 | 4.22 | 4.23 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,330 | 0,09 | 0,010 | 12,92 |
| Ф.1 | 4.21 | 4.22 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,386 | 0,10 | 0,014 | 18,09 |
| Ф.1 | 4.20 | 4.21 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,415 | 0,11 | 0,016 | 20,67 |
| Ф.1 | 4.19 | 4.20 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,480 | 0,13 | 0,021 | 27,13 |
| Ф.1 | 4.18 | 4.19 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,529 | 0,14 | 0,026 | 33,59 |
| Ф.1 | 4.17 | 4.18 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,575 | 0,15 | 0,030 | 38,76 |
| Ф.1 | 4.16 | 4.17 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,632 | 0,17 | 0,037 | 47,80 |
| Ф.1 | 4 | 4.16 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,671 | 0,18 | 0,042 | 54,26 |
| Ф.1 | 3 | 4 | 0,08 | 240 | 0,164 | 0,0723 | 2,737 | 0,72 | 0,479 | 618,87 |
| Ф.1 | 3.14 | 3.15 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,074 | 0,02 | 0,001 | 1,29 |
| Ф.1 | 3.13 | 3.14 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,165 | 0,04 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.1 | 3.12 | 3.13 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,247 | 0,07 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.1 | 3.11 | 3.12 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,280 | 0,07 | 0,007 | 9,04 |
| Ф.1 | 3.10 | 3.11 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,330 | 0,09 | 0,010 | 12,92 |
| Ф.1 | 3.9 | 3.10 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,354 | 0,09 | 0,012 | 15,50 |
| Ф.1 | 3.8 | 3.9 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,401 | 0,11 | 0,015 | 19,38 |
| Ф.1 | 3.7 | 3.8 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,462 | 0,12 | 0,020 | 25,84 |
| Ф.1 | 3.6 | 3.7 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,512 | 0,14 | 0,024 | 31,01 |
| Ф.1 | 3.5 | 3.6 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,559 | 0,15 | 0,029 | 37,47 |
| Ф.1 | 3.4 | 3.5 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,603 | 0,16 | 0,034 | 43,93 |
| Ф.1 | 3.3 | 3.4 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,658 | 0,17 | 0,040 | 51,68 |
| Ф.1 | 3.2 | 3.3 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,695 | 0,18 | 0,044 | 56,85 |
| Ф.1 | 3.1 | 3.2 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,740 | 0,20 | 0,050 | 64,60 |
| Ф.1 | 3 | 3.1 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,777 | 0,20 | 0,056 | 72,35 |
| Ф.1 | 3.25 | 3.26 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,108 | 0,03 | 0,001 | 1,29 |
| Ф.1 | 3.24 | 3.25 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,208 | 0,06 | 0,004 | 5,17 |
| Ф.1 | 3.23 | 3.24 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,247 | 0,07 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.1 | 3.22 | 3.23 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,318 | 0,08 | 0,009 | 11,63 |
| Ф.1 | 3.21 | 3.22 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,354 | 0,09 | 0,012 | 15,50 |
| Ф.1 | 3.20 | 3.21 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,401 | 0,11 | 0,015 | 19,38 |
| Ф.1 | 3.19 | 3.20 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,462 | 0,12 | 0,020 | 25,84 |
| Ф.1 | 3.18 | 3.19 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,497 | 0,13 | 0,023 | 29,72 |
| Ф.1 | 3.17 | 3.18 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,529 | 0,14 | 0,026 | 33,59 |
| Ф.1 | 3.16 | 3.17 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,590 | 0,16 | 0,032 | 41,34 |
| Ф.1 | 3 | 3.16 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,644 | 0,17 | 0,038 | 49,10 |
| Ф.1 | 2 | 3 | 0,08 | 240 | 0,164 | 0,0723 | 3,723 | 0,98 | 0,886 | 1144,71 |
| Ф.1 | 2.13 | 2.14 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,108 | 0,03 | 0,001 | 1,29 |
| Ф.1 | 2.12 | 2.13 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,184 | 0,05 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.1 | 2.11 | 2.12 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,265 | 0,07 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.1 | 2.10 | 2.11 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,330 | 0,09 | 0,010 | 12,92 |
| Ф.1 | 2.9 | 2.10 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,370 | 0,10 | 0,013 | 16,80 |
| Ф.1 | 2.8 | 2.9 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,415 | 0,11 | 0,016 | 20,67 |
| Ф.1 | 2.7 | 2.8 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,480 | 0,13 | 0,021 | 27,13 |
| Ф.1 | 2.6 | 2.7 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,545 | 0,14 | 0,027 | 34,88 |

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | Длина участка, км | Сечение провода, мм ² | го, Ом/км | хо, Ом/км | ΔU, В | ΔU, % | ΔРл, кВт | ΔWл, кВт.ч |
|-------|-----------------|----------------|-------------------|----------------------------------|-----------|-----------|-------|-------|----------|------------|
| Ф.1 | 2.5 | 2.6 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,590 | 0,16 | 0,032 | 41,34 |
| Ф.1 | 2.4 | 2.5 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,632 | 0,17 | 0,037 | 47,80 |
| Ф.1 | 2.3 | 2.4 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,671 | 0,18 | 0,042 | 54,26 |
| Ф.1 | 2.2 | 2.3 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,695 | 0,18 | 0,044 | 56,85 |
| Ф.1 | 2.1 | 2.2 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,740 | 0,20 | 0,050 | 64,60 |
| Ф.1 | 2 | 2.1 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,777 | 0,20 | 0,056 | 72,35 |
| Ф.1 | 2.24 | 2.25 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,137 | 0,04 | 0,002 | 2,58 |
| Ф.1 | 2.23 | 2.24 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,208 | 0,06 | 0,004 | 5,17 |
| Ф.1 | 2.22 | 2.23 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,280 | 0,07 | 0,007 | 9,04 |
| Ф.1 | 2.21 | 2.22 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,330 | 0,09 | 0,010 | 12,92 |
| Ф.1 | 2.20 | 2.21 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,370 | 0,10 | 0,013 | 16,80 |
| Ф.1 | 2.19 | 2.20 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,428 | 0,11 | 0,017 | 21,96 |
| Ф.1 | 2.18 | 2.19 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,462 | 0,12 | 0,020 | 25,84 |
| Ф.1 | 2.17 | 2.18 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,512 | 0,14 | 0,024 | 31,01 |
| Ф.1 | 2.16 | 2.17 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,545 | 0,14 | 0,027 | 34,88 |
| Ф.1 | 2.15 | 2.16 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,575 | 0,15 | 0,030 | 38,76 |
| Ф.1 | 2 | 2.15 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,632 | 0,17 | 0,037 | 47,80 |
| Ф.1 | 1 | 2 | 0,08 | 240 | 0,164 | 0,0723 | 4,614 | 1,21 | 1,361 | 1758,41 |
| Ф.1 | 1.13 | 1.14 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,108 | 0,03 | 0,001 | 1,29 |
| Ф.1 | 1.12 | 1.13 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,184 | 0,05 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.1 | 1.11 | 1.12 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,247 | 0,07 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.1 | 1.10 | 1.11 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,318 | 0,08 | 0,009 | 11,63 |
| Ф.1 | 1.9 | 1.10 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,370 | 0,10 | 0,013 | 16,80 |
| Ф.1 | 1.8 | 1.9 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,428 | 0,11 | 0,017 | 21,96 |
| Ф.1 | 1.7 | 1.8 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,497 | 0,13 | 0,023 | 29,72 |
| Ф.1 | 1.6 | 1.7 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,529 | 0,14 | 0,026 | 33,59 |
| Ф.1 | 1.5 | 1.6 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,590 | 0,16 | 0,032 | 41,34 |
| Ф.1 | 1.4 | 1.5 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,644 | 0,17 | 0,038 | 49,10 |
| Ф.1 | 1.3 | 1.4 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,695 | 0,18 | 0,044 | 56,85 |
| Ф.1 | 1.2 | 1.3 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,717 | 0,19 | 0,047 | 60,72 |
| Ф.1 | 1.1 | 1.2 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,759 | 0,20 | 0,053 | 68,48 |
| Ф.1 | 1 | 1.1 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,796 | 0,21 | 0,058 | 74,94 |
| Ф.1 | 1.25 | 1.26 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,137 | 0,04 | 0,002 | 2,58 |
| Ф.1 | 1.24 | 1.25 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,208 | 0,06 | 0,004 | 5,17 |
| Ф.1 | 1.23 | 1.24 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,280 | 0,07 | 0,007 | 9,04 |
| Ф.1 | 1.22 | 1.23 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,318 | 0,08 | 0,009 | 11,63 |
| Ф.1 | 1.21 | 1.22 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,354 | 0,09 | 0,012 | 15,50 |
| Ф.1 | 1.20 | 1.21 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,401 | 0,11 | 0,015 | 19,38 |
| Ф.1 | 1.19 | 1.20 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,446 | 0,12 | 0,018 | 23,26 |
| Ф.1 | 1.18 | 1.19 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,497 | 0,13 | 0,023 | 29,72 |
| Ф.1 | 1.17 | 1.18 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,545 | 0,14 | 0,027 | 34,88 |
| Ф.1 | 1.16 | 1.17 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,603 | 0,16 | 0,034 | 43,93 |
| Ф.1 | 1.15 | 1.16 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,644 | 0,17 | 0,038 | 49,10 |
| Ф.1 | 1 | 1.15 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,671 | 0,18 | 0,042 | 54,26 |
| Ф.1 | КТПН | 1 | 0,015 | 240 | 0,164 | 0,0723 | 1,017 | 0,27 | 0,352 | 454,78 |

Таблица 3.2 – Расчет потерь напряжения, мощности и электроэнергии по сегментам ЛЭП 0,4 кВ линии Л2 (Ф.2) от КТПН после реконструкции

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | Длина участка, км | Сечение провода, мм ² | г ₀ , Ом/км | х ₀ , Ом/км | ΔU, В | ΔU, % | ΔPл, кВт | ΔWл, кВт.ч |
|-------|-----------------|----------------|-------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|-------|-------|----------|------------|
| Ф.2 | 10.1 | 10.2 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,108 | 0,03 | 0,001 | 1,29 |
| Ф.2 | 10 | 10.1 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,165 | 0,04 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 10.15 | 10.16 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,108 | 0,03 | 0,001 | 1,29 |
| Ф.2 | 10.14 | 10.15 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,165 | 0,04 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 10.13 | 10.14 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,184 | 0,05 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 10.12 | 10.13 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,222 | 0,06 | 0,005 | 6,46 |
| Ф.2 | 10.11 | 10.12 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,300 | 0,08 | 0,008 | 10,34 |
| Ф.2 | 10.10 | 10.11 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,330 | 0,09 | 0,010 | 12,92 |
| Ф.2 | 10.9 | 10.10 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,354 | 0,09 | 0,012 | 15,50 |
| Ф.2 | 10.8 | 10.9 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,415 | 0,11 | 0,016 | 20,67 |
| Ф.2 | 10.7 | 10.8 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,446 | 0,12 | 0,018 | 23,26 |
| Ф.2 | 10.6 | 10.7 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,497 | 0,13 | 0,023 | 29,72 |
| Ф.2 | 10.5 | 10.6 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,545 | 0,14 | 0,027 | 34,88 |
| Ф.2 | 10.4 | 10.5 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,590 | 0,16 | 0,032 | 41,34 |
| Ф.2 | 10.3 | 10.4 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,632 | 0,17 | 0,037 | 47,80 |
| Ф.2 | 10 | 10.3 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,671 | 0,18 | 0,042 | 54,26 |
| Ф.2 | 9 | 10 | 0,08 | 240 | 0,164 | 0,0723 | 0,985 | 0,26 | 0,062 | 80,10 |
| Ф.2 | 9.1 | 9.2 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,108 | 0,03 | 0,001 | 1,29 |
| Ф.2 | 9 | 9.1 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,165 | 0,04 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 9.15 | 9.16 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,108 | 0,03 | 0,001 | 1,29 |
| Ф.2 | 9.14 | 9.15 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,165 | 0,04 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 9.13 | 9.14 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,247 | 0,07 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.2 | 9.12 | 9.13 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,280 | 0,07 | 0,007 | 9,04 |
| Ф.2 | 9.11 | 9.12 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,330 | 0,09 | 0,010 | 12,92 |
| Ф.2 | 9.10 | 9.11 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,370 | 0,10 | 0,013 | 16,80 |
| Ф.2 | 9.9 | 9.10 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,401 | 0,11 | 0,015 | 19,38 |
| Ф.2 | 9.8 | 9.9 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,462 | 0,12 | 0,020 | 25,84 |
| Ф.2 | 9.7 | 9.8 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,497 | 0,13 | 0,023 | 29,72 |
| Ф.2 | 9.6 | 9.7 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,529 | 0,14 | 0,026 | 33,59 |
| Ф.2 | 9.5 | 9.6 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,590 | 0,16 | 0,032 | 41,34 |
| Ф.2 | 9.4 | 9.5 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,618 | 0,16 | 0,035 | 45,22 |
| Ф.2 | 9.3 | 9.4 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,644 | 0,17 | 0,038 | 49,10 |
| Ф.2 | 9 | 9.3 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,695 | 0,18 | 0,044 | 56,85 |
| Ф.2 | 8 | 9 | 0,08 | 240 | 0,164 | 0,0723 | 1,562 | 0,41 | 0,156 | 201,55 |
| Ф.2 | 8.2 | 8.3 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,074 | 0,02 | 0,001 | 1,29 |
| Ф.2 | 8.1 | 8.2 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,137 | 0,04 | 0,002 | 2,58 |
| Ф.2 | 8 | 8.1 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,208 | 0,06 | 0,004 | 5,17 |
| Ф.2 | 8.16 | 8.17 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,108 | 0,03 | 0,001 | 1,29 |
| Ф.2 | 8.15 | 8.16 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,165 | 0,04 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 8.14 | 8.15 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,208 | 0,06 | 0,004 | 5,17 |
| Ф.2 | 8.13 | 8.14 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,280 | 0,07 | 0,007 | 9,04 |
| Ф.2 | 8.12 | 8.13 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,318 | 0,08 | 0,009 | 11,63 |
| Ф.2 | 8.11 | 8.12 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,341 | 0,09 | 0,011 | 14,21 |
| Ф.2 | 8.10 | 8.11 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,370 | 0,10 | 0,013 | 16,80 |
| Ф.2 | 8.9 | 8.10 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,428 | 0,11 | 0,017 | 21,96 |
| Ф.2 | 8.8 | 8.9 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,462 | 0,12 | 0,020 | 25,84 |
| Ф.2 | 8.7 | 8.8 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,497 | 0,13 | 0,023 | 29,72 |
| Ф.2 | 8.6 | 8.7 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,559 | 0,15 | 0,029 | 37,47 |
| Ф.2 | 8.5 | 8.6 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,590 | 0,16 | 0,032 | 41,34 |
| Ф.2 | 8.4 | 8.5 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,618 | 0,16 | 0,035 | 45,22 |
| Ф.2 | 8 | 8.4 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,644 | 0,17 | 0,038 | 49,10 |
| Ф.2 | 7 | 8 | 0,08 | 240 | 0,164 | 0,0723 | 0,985 | 0,26 | 0,062 | 80,10 |
| Ф.2 | 7 | 7.1 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,074 | 0,02 | 0,001 | 1,29 |

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | Длина участка, км | Сечение провода, мм ² | г ₀ , Ом/км | х ₀ , Ом/км | ΔU, В | ΔU, % | ΔP _л , кВт | ΔW _л , кВт.ч |
|-------|-----------------|----------------|-------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|-------|-------|-----------------------|-------------------------|
| Ф.2 | 7.2 | 7.3 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,074 | 0,02 | 0,001 | 1,29 |
| Ф.2 | 7 | 7.2 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,108 | 0,03 | 0,001 | 1,29 |
| Ф.2 | 6 | 7 | 0,08 | 240 | 0,164 | 0,0723 | 2,090 | 0,55 | 0,279 | 360,47 |
| Ф.2 | 6.4 | 6.5 | 0,08 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,147 | 0,04 | 0,001 | 1,29 |
| Ф.2 | 6.3 | 6.4 | 0,08 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,215 | 0,06 | 0,002 | 2,58 |
| Ф.2 | 6.2 | 6.3 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,137 | 0,04 | 0,002 | 2,58 |
| Ф.2 | 6.1 | 6.2 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,208 | 0,06 | 0,004 | 5,17 |
| Ф.2 | 6 | 6.1 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,247 | 0,07 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.2 | 6.11 | 6.12 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,074 | 0,02 | 0,001 | 1,29 |
| Ф.2 | 6.10 | 6.11 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,108 | 0,03 | 0,001 | 1,29 |
| Ф.2 | 6.9 | 6.10 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,137 | 0,04 | 0,002 | 2,58 |
| Ф.2 | 6.8 | 6.9 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,165 | 0,04 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 6.7 | 6.8 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,208 | 0,06 | 0,004 | 5,17 |
| Ф.2 | 6.6 | 6.7 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,247 | 0,07 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.2 | 6 | 6.6 | 0,08 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,531 | 0,14 | 0,013 | 16,80 |
| Ф.2 | 5 | 6 | 0,08 | 240 | 0,164 | 0,0723 | 2,326 | 0,61 | 0,346 | 447,03 |
| Ф.2 | 5.10 | 5.11 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,108 | 0,03 | 0,001 | 1,29 |
| Ф.2 | 5.9 | 5.10 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,184 | 0,05 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 5.8 | 5.9 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,265 | 0,07 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.2 | 5.7 | 5.8 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,330 | 0,09 | 0,010 | 12,92 |
| Ф.2 | 5.6 | 5.7 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,370 | 0,10 | 0,013 | 16,80 |
| Ф.2 | 5.5 | 5.6 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,415 | 0,11 | 0,016 | 20,67 |
| Ф.2 | 5.4 | 5.5 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,462 | 0,12 | 0,020 | 25,84 |
| Ф.2 | 5.3 | 5.4 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,512 | 0,14 | 0,024 | 31,01 |
| Ф.2 | 5.2 | 5.3 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,575 | 0,15 | 0,030 | 38,76 |
| Ф.2 | 5.1 | 5.2 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,618 | 0,16 | 0,035 | 45,22 |
| Ф.2 | 5 | 5.1 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,658 | 0,17 | 0,040 | 51,68 |
| Ф.2 | 5.23 | 5.24 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,165 | 0,04 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 5.22 | 5.23 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,247 | 0,07 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.2 | 5.21 | 5.22 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,300 | 0,08 | 0,008 | 10,34 |
| Ф.2 | 5.20 | 5.21 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,341 | 0,09 | 0,011 | 14,21 |
| Ф.2 | 5.19 | 5.20 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,386 | 0,10 | 0,014 | 18,09 |
| Ф.2 | 5.18 | 5.19 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,428 | 0,11 | 0,017 | 21,96 |
| Ф.2 | 5.17 | 5.18 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,462 | 0,12 | 0,020 | 25,84 |
| Ф.2 | 5.16 | 5.17 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,529 | 0,14 | 0,026 | 33,59 |
| Ф.2 | 5.15 | 5.16 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,559 | 0,15 | 0,029 | 37,47 |
| Ф.2 | 5.14 | 5.15 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,590 | 0,16 | 0,032 | 41,34 |
| Ф.2 | 5.13 | 5.14 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,632 | 0,17 | 0,037 | 47,80 |
| Ф.2 | 5.12 | 5.13 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,671 | 0,18 | 0,042 | 54,26 |
| Ф.2 | 5 | 5.12 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,707 | 0,19 | 0,046 | 59,43 |
| Ф.2 | 4 | 5 | 0,08 | 240 | 0,164 | 0,0723 | 3,249 | 0,86 | 0,675 | 872,10 |
| Ф.2 | 4.10 | 4.11 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,165 | 0,04 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 4.9 | 4.10 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,208 | 0,06 | 0,004 | 5,17 |
| Ф.2 | 4.8 | 4.9 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,280 | 0,07 | 0,007 | 9,04 |
| Ф.2 | 4.7 | 4.8 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,341 | 0,09 | 0,011 | 14,21 |
| Ф.2 | 4.6 | 4.7 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,386 | 0,10 | 0,014 | 18,09 |
| Ф.2 | 4.5 | 4.6 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,446 | 0,12 | 0,018 | 23,26 |
| Ф.2 | 4.4 | 4.5 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,512 | 0,14 | 0,024 | 31,01 |
| Ф.2 | 4.3 | 4.4 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,575 | 0,15 | 0,030 | 38,76 |
| Ф.2 | 4.2 | 4.3 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,632 | 0,17 | 0,037 | 47,80 |
| Ф.2 | 4.1 | 4.2 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,682 | 0,18 | 0,043 | 55,56 |
| Ф.2 | 4 | 4.1 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,728 | 0,19 | 0,049 | 63,31 |
| Ф.2 | 4.23 | 4.24 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,108 | 0,03 | 0,001 | 1,29 |
| Ф.2 | 4.22 | 4.23 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,184 | 0,05 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 4.21 | 4.22 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,222 | 0,06 | 0,005 | 6,46 |
| Ф.2 | 4.20 | 4.21 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,300 | 0,08 | 0,008 | 10,34 |
| Ф.2 | 4.19 | 4.20 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,354 | 0,09 | 0,012 | 15,50 |

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | Длина участка, км | Сечение провода, мм ² | г ₀ , Ом/км | х ₀ , Ом/км | ΔU, В | ΔU, % | ΔP _л , кВт | ΔW _л , кВт.ч |
|-------|-----------------|----------------|-------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|-------|-------|-----------------------|-------------------------|
| Ф.2 | 4.18 | 4.19 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,401 | 0,11 | 0,015 | 19,38 |
| Ф.2 | 4.17 | 4.18 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,462 | 0,12 | 0,020 | 25,84 |
| Ф.2 | 4.16 | 4.17 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,529 | 0,14 | 0,026 | 33,59 |
| Ф.2 | 4.15 | 4.16 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,559 | 0,15 | 0,029 | 37,47 |
| Ф.2 | 4.14 | 4.15 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,618 | 0,16 | 0,035 | 45,22 |
| Ф.2 | 4.13 | 4.14 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,644 | 0,17 | 0,038 | 49,10 |
| Ф.2 | 4.12 | 4.13 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,695 | 0,18 | 0,044 | 56,85 |
| Ф.2 | 4 | 4.12 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,740 | 0,20 | 0,050 | 64,60 |
| Ф.2 | 3 | 4 | 0,08 | 240 | 0,164 | 0,0723 | 4,246 | 1,12 | 1,152 | 1488,38 |
| Ф.2 | 3.11 | 3.12 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,165 | 0,04 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 3.10 | 3.11 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,247 | 0,07 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.2 | 3.9 | 3.10 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,280 | 0,07 | 0,007 | 9,04 |
| Ф.2 | 3.8 | 3.9 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,341 | 0,09 | 0,011 | 14,21 |
| Ф.2 | 3.7 | 3.8 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,401 | 0,11 | 0,015 | 19,38 |
| Ф.2 | 3.6 | 3.7 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,446 | 0,12 | 0,018 | 23,26 |
| Ф.2 | 3.5 | 3.6 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,512 | 0,14 | 0,024 | 31,01 |
| Ф.2 | 3.4 | 3.5 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,575 | 0,15 | 0,030 | 38,76 |
| Ф.2 | 3.3 | 3.4 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,603 | 0,16 | 0,034 | 43,93 |
| Ф.2 | 3.2 | 3.3 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,644 | 0,17 | 0,038 | 49,10 |
| Ф.2 | 3.1 | 3.2 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,695 | 0,18 | 0,044 | 56,85 |
| Ф.2 | 3 | 3.1 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,740 | 0,20 | 0,050 | 64,60 |
| Ф.2 | 3.23 | 3.24 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,137 | 0,04 | 0,002 | 2,58 |
| Ф.2 | 3.22 | 3.23 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,184 | 0,05 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 3.21 | 3.22 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,265 | 0,07 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.2 | 3.20 | 3.21 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,330 | 0,09 | 0,010 | 12,92 |
| Ф.2 | 3.19 | 3.20 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,386 | 0,10 | 0,014 | 18,09 |
| Ф.2 | 3.18 | 3.19 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,428 | 0,11 | 0,017 | 21,96 |
| Ф.2 | 3.17 | 3.18 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,497 | 0,13 | 0,023 | 29,72 |
| Ф.2 | 3.16 | 3.17 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,559 | 0,15 | 0,029 | 37,47 |
| Ф.2 | 3.15 | 3.16 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,603 | 0,16 | 0,034 | 43,93 |
| Ф.2 | 3.14 | 3.15 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,644 | 0,17 | 0,038 | 49,10 |
| Ф.2 | 3.13 | 3.14 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,695 | 0,18 | 0,044 | 56,85 |
| Ф.2 | 3 | 3.13 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,740 | 0,20 | 0,050 | 64,60 |
| Ф.2 | 2 | 3 | 0,08 | 240 | 0,164 | 0,0723 | 5,112 | 1,35 | 1,671 | 2158,93 |
| Ф.2 | 2.12 | 2.13 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,137 | 0,04 | 0,002 | 2,58 |
| Ф.2 | 2.11 | 2.12 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,222 | 0,06 | 0,005 | 6,46 |
| Ф.2 | 2.10 | 2.11 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,280 | 0,07 | 0,007 | 9,04 |
| Ф.2 | 2.9 | 2.10 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,330 | 0,09 | 0,010 | 12,92 |
| Ф.2 | 2.8 | 2.9 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,386 | 0,10 | 0,014 | 18,09 |
| Ф.2 | 2.7 | 2.8 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,428 | 0,11 | 0,017 | 21,96 |
| Ф.2 | 2.6 | 2.7 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,480 | 0,13 | 0,021 | 27,13 |
| Ф.2 | 2.5 | 2.6 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,545 | 0,14 | 0,027 | 34,88 |
| Ф.2 | 2.4 | 2.5 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,590 | 0,16 | 0,032 | 41,34 |
| Ф.2 | 2.3 | 2.4 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,644 | 0,17 | 0,038 | 49,10 |
| Ф.2 | 2.2 | 2.3 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,695 | 0,18 | 0,044 | 56,85 |
| Ф.2 | 2.1 | 2.2 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,728 | 0,19 | 0,049 | 63,31 |
| Ф.2 | 2 | 2.1 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,770 | 0,20 | 0,055 | 71,06 |
| Ф.2 | 2.24 | 2.25 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,137 | 0,04 | 0,002 | 2,58 |
| Ф.2 | 2.23 | 2.24 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,222 | 0,06 | 0,005 | 6,46 |
| Ф.2 | 2.22 | 2.23 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,280 | 0,07 | 0,007 | 9,04 |
| Ф.2 | 2.21 | 2.22 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,341 | 0,09 | 0,011 | 14,21 |
| Ф.2 | 2.20 | 2.21 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,401 | 0,11 | 0,015 | 19,38 |
| Ф.2 | 2.19 | 2.20 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,446 | 0,12 | 0,018 | 23,26 |
| Ф.2 | 2.18 | 2.19 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,497 | 0,13 | 0,023 | 29,72 |
| Ф.2 | 2.17 | 2.18 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,545 | 0,14 | 0,027 | 34,88 |
| Ф.2 | 2.16 | 2.17 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,590 | 0,16 | 0,032 | 41,34 |
| Ф.2 | 2.15 | 2.16 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,644 | 0,17 | 0,038 | 49,10 |

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | Длина участка, км | Сечение провода, мм ² | г ₀ , Ом/км | х ₀ , Ом/км | ΔU, В | ΔU, % | ΔP _л , кВт | ΔW _л , кВт.ч |
|-------|-----------------|----------------|-------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|-------|-------|-----------------------|-------------------------|
| Ф.2 | 2.14 | 2.15 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,695 | 0,18 | 0,044 | 56,85 |
| Ф.2 | 2 | 2.14 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,740 | 0,20 | 0,050 | 64,60 |
| Ф.2 | 1 | 2 | 0,08 | 240 | 0,164 | 0,0723 | 5,859 | 1,54 | 2,194 | 2834,65 |
| Ф.2 | 1.13 | 1.14 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,108 | 0,03 | 0,001 | 1,29 |
| Ф.2 | 1.12 | 1.13 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,165 | 0,04 | 0,003 | 3,88 |
| Ф.2 | 1.11 | 1.12 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,247 | 0,07 | 0,006 | 7,75 |
| Ф.2 | 1.10 | 1.11 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,318 | 0,08 | 0,009 | 11,63 |
| Ф.2 | 1.9 | 1.10 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,370 | 0,10 | 0,013 | 16,80 |
| Ф.2 | 1.8 | 1.9 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,428 | 0,11 | 0,017 | 21,96 |
| Ф.2 | 1.7 | 1.8 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,497 | 0,13 | 0,023 | 29,72 |
| Ф.2 | 1.6 | 1.7 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,529 | 0,14 | 0,026 | 33,59 |
| Ф.2 | 1.5 | 1.6 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,590 | 0,16 | 0,032 | 41,34 |
| Ф.2 | 1.4 | 1.5 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,632 | 0,17 | 0,037 | 47,80 |
| Ф.2 | 1.3 | 1.4 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,682 | 0,18 | 0,043 | 55,56 |
| Ф.2 | 1.2 | 1.3 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,717 | 0,19 | 0,047 | 60,72 |
| Ф.2 | 1.1 | 1.2 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,748 | 0,20 | 0,052 | 67,18 |
| Ф.2 | 1 | 1.1 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,786 | 0,21 | 0,057 | 73,64 |
| Ф.2 | 1.24 | 1.25 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,137 | 0,04 | 0,002 | 2,58 |
| Ф.2 | 1.23 | 1.24 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,208 | 0,06 | 0,004 | 5,17 |
| Ф.2 | 1.22 | 1.23 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,280 | 0,07 | 0,007 | 9,04 |
| Ф.2 | 1.21 | 1.22 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,341 | 0,09 | 0,011 | 14,21 |
| Ф.2 | 1.20 | 1.21 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,370 | 0,10 | 0,013 | 16,80 |
| Ф.2 | 1.19 | 1.20 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,428 | 0,11 | 0,017 | 21,96 |
| Ф.2 | 1.18 | 1.19 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,497 | 0,13 | 0,023 | 29,72 |
| Ф.2 | 1.17 | 1.18 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,545 | 0,14 | 0,027 | 34,88 |
| Ф.2 | 1.16 | 1.17 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,603 | 0,16 | 0,034 | 43,93 |
| Ф.2 | 1.15 | 1.16 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,671 | 0,18 | 0,042 | 54,26 |
| Ф.2 | 1 | 1.15 | 0,04 | 120 | 0,25 | 0,0762 | 0,717 | 0,19 | 0,047 | 60,72 |
| Ф.2 | КТПН | 1 | 0,06 | 240 | 0,164 | 0,0723 | 5,081 | 1,34 | 2,200 | 2842,40 |

Как видно из расчетов, потребовались провода СИП-2 на магистральных участках – сечением основной жилы 240 мм², а на ответвлениях – сечением основной жилы 120 мм². При этом допустимые токи выбранных проводов по условиям допустимого нагрева не превышают расчетных токов соответствующих участков (см. таблицы 2.1-2.2).

Таблица 3.3 – Параметры проводов СИП-2

| S, мм ² | I _{доп} , А | г _{уд} , Ом/км | х _{уд} , Ом/км |
|--------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| 120 | 340 | 0,25 | 0,0762 |
| 240 | 515 | 0,125 | 0,0705 |

На основании результатов расчетов указанных таблиц 3.1-3.2 находим потери напряжения до самых удаленных точек участков, для этого предварительно составив отдельные для этой цели таблицы 3.4-3.5:

– до наиболее удаленной точки Л1 (Ф.1) (опора 5.14), в соответствии с таблицей 2.5:

$$\Delta U_{Л1.max} = 6,68\% < 10\%.$$

– до наиболее удаленной точки Л2 (Ф.2) (опора 10.16):

$$\Delta U_{Л2.max} = 9,79\% < 10\%.$$

Таблица 3.4 – Потери напряжения до наиболее удаленной точки Л1 (Ф.1) (опора 5.14) в сети после реконструкции

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | ΔU , % |
|-------|-----------------|----------------|----------------|
| Ф.1 | 5.13 | 5.14 | 0,04 |
| Ф.1 | 5.12 | 5.13 | 0,07 |
| Ф.1 | 5.11 | 5.12 | 0,08 |
| Ф.1 | 5.10 | 5.11 | 0,09 |
| Ф.1 | 5.9 | 5.10 | 0,10 |
| Ф.1 | 5.8 | 5.9 | 0,12 |
| Ф.1 | 5.7 | 5.8 | 0,13 |
| Ф.1 | 5.6 | 5.7 | 0,15 |
| Ф.1 | 5.5 | 5.6 | 0,16 |
| Ф.1 | 5.4 | 5.5 | 0,17 |
| Ф.1 | 5.3 | 5.4 | 0,19 |
| Ф.1 | 5.2 | 5.3 | 0,20 |
| Ф.1 | 5.1 | 5.2 | 0,21 |
| Ф.1 | 5 | 5.1 | 0,22 |
| Ф.1 | 5.23 | 5.24 | 0,04 |
| Ф.1 | 5.22 | 5.23 | 0,07 |
| Ф.1 | 5.21 | 5.22 | 0,08 |
| Ф.1 | 5.20 | 5.21 | 0,09 |
| Ф.1 | 5.19 | 5.20 | 0,11 |
| Ф.1 | 5.18 | 5.19 | 0,12 |
| Ф.1 | 5.17 | 5.18 | 0,14 |
| Ф.1 | 5.16 | 5.17 | 0,16 |
| Ф.1 | 5.15 | 5.16 | 0,17 |
| Ф.1 | 5 | 5.15 | 0,18 |
| Ф.1 | 4 | 5 | 0,43 |
| Ф.1 | 3 | 4 | 0,72 |
| Ф.1 | 2 | 3 | 0,98 |
| Ф.1 | 1 | 2 | 1,21 |
| Ф.1 | КТПН | 1 | 0,27 |
| | | ИТОГО | 6,68 |

Таблица 3.5 – Потери напряжения до наиболее удаленной точки Л2 (Ф.2) (опора 10.16) в сети после реконструкции

| Линия | Начало сегмента | Конец сегмента | ΔU , % |
|-------|-----------------|----------------|----------------|
| Ф.2 | 10.1 | 10.2 | 0,03 |
| Ф.2 | 10 | 10.1 | 0,04 |
| Ф.2 | 10.15 | 10.16 | 0,03 |
| Ф.2 | 10.14 | 10.15 | 0,04 |
| Ф.2 | 10.13 | 10.14 | 0,05 |
| Ф.2 | 10.12 | 10.13 | 0,06 |
| Ф.2 | 10.11 | 10.12 | 0,08 |
| Ф.2 | 10.10 | 10.11 | 0,09 |
| Ф.2 | 10.9 | 10.10 | 0,09 |
| Ф.2 | 10.8 | 10.9 | 0,11 |
| Ф.2 | 10.7 | 10.8 | 0,12 |
| Ф.2 | 10.6 | 10.7 | 0,13 |
| Ф.2 | 10.5 | 10.6 | 0,14 |
| Ф.2 | 10.4 | 10.5 | 0,16 |
| Ф.2 | 10.3 | 10.4 | 0,17 |
| Ф.2 | 10 | 10.3 | 0,18 |
| Ф.2 | 9 | 10 | 0,26 |
| Ф.2 | 8 | 9 | 0,41 |
| Ф.2 | 7 | 8 | 0,26 |
| Ф.2 | 6 | 7 | 0,55 |
| Ф.2 | 5 | 6 | 0,61 |
| Ф.2 | 4 | 5 | 0,86 |
| Ф.2 | 3 | 4 | 1,12 |
| Ф.2 | 2 | 3 | 1,35 |
| Ф.2 | 1 | 2 | 1,54 |
| Ф.2 | КТПН | 1 | 1,34 |
| | | ИТОГО | 9,79 |

Потери напряжения, мощности и электроэнергии в существующей сети являются приемлемыми, отклонения напряжения соответствуют ГОСТ 32144–2013, что не требует увеличения сечений проводов на данных участках и изменения конфигурации сети. Провода СИП-2 меньшего сечения (в частности, на ступень меньше) на соответствующих участках применять также нецелесообразно, поскольку суммарные потери напряжения до указанных наиболее удаленных точек превысят допустимую величину.

Таким образом, выполненные значительные изменения в сечениях проводов при той же конфигурации сети СНТСН позволит обеспечить качество электроэнергии у конечных потребителей в соответствии с ГОСТ.

3.2 Выбор КТПН

В связи с тем, что установленный трансформатор КТПН работает с перегрузкой, его необходимо поменять на трансформатор большей мощности. Согласно проверке загрузки КТПН, требуется замена трансформатора на ТМЗ-400/10, тогда в случае его установки пересчитаем его загрузку:

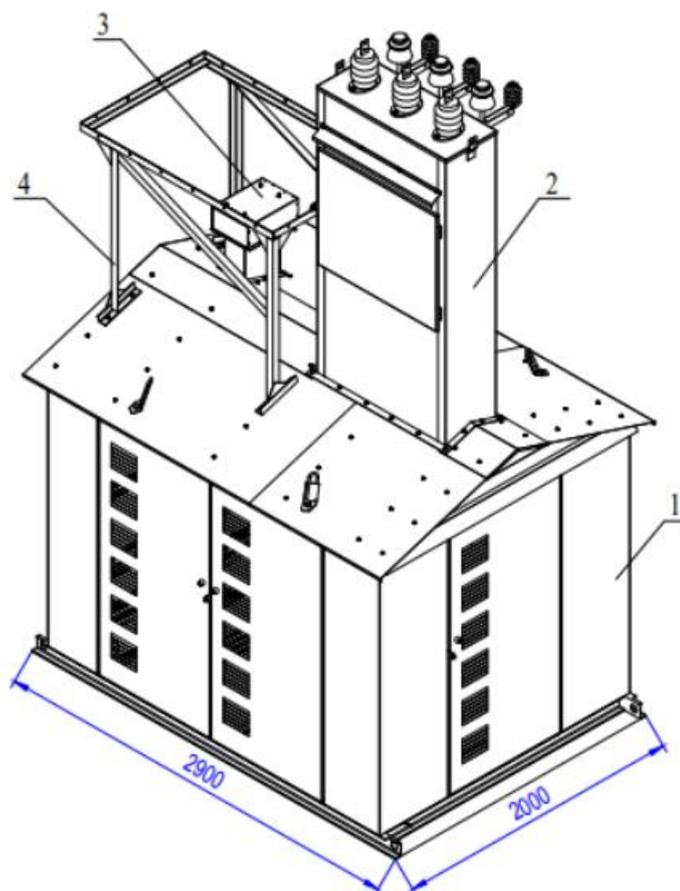
$$S_{p. \text{снтсн}} = 288 \text{ кВА} < 400 \text{ кВА};$$

$$K_{\text{загр}} = S_{p. \text{снтсн}} / S_{\text{ном.тр}} = 288 / 400 = 0,72 < 0,9.$$

Таким образом, трансформатор ТМ-250/10 будет работать с допустимой нагрузкой, которая не должна превышать при электроснабжении потребителей III категории и установке однострансформаторной подстанции 90% его установленной мощности [10].

По габаритам трансформатор будет больше существующего. Кроме того, изменятся электрические аппараты, поэтому целесообразно установить новую КТПН-400/10/0,4, параметры которой представлены в [24].

Общий вид КТПН показан на рисунке 3.1.



1 – отсек РУВН; 2 – воздушный высоковольтный ввод; 3 – воздушный низковольтный вывод; 4 – отсек РУНН

Рисунок 3.1 – Общий вид КТПН-400/10/0,4

3.3 Проверка существующей питающей ЛЭП-10 кВ

Проверим существующую питающую ЛЭП-10 кВ по допустимому нагреву и по потерям напряжения.

Расчетная токовая нагрузка СНТСН на стороне 10 кВ:

$$I = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (3.1)$$

где S – полная расчетная мощность; $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение линии, равное 10 кВ.

Производим расчет:

$$I_p = \frac{288}{\sqrt{3} \cdot 10} = 16,6 \text{ А.}$$

Питающая ВЛ-10 кВ выполнена проводом ЗхАС-50 длиной 1310 м. Допустимый ток данного провода составляет 210 А, поэтому данную линию реконструировать нет необходимости.

Проверим линию по потерям напряжения:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (r_{уд} \cdot \cos \varphi + x_{уд} \cdot \sin \varphi) \cdot 100\%}{U_{ном}}. \quad (3.2)$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 16,6 \cdot 1,31 \cdot (0,65 \cdot 0,93 + 0,4 \cdot 0,368) \cdot 100\%}{10000} = 0,2\%.$$

Потери напряжения небольшие и находятся в допустимых пределах.

3.4 Выбор коммутационно-защитных аппаратов в КТПН

В КТПН необходимо выбрать электрические аппараты, как на высоком, так и на низком напряжении. На стороне ВН в комплектной КТПН имеются выключатели нагрузки и предохранители с плавкой вставкой, а с низкой стороны устанавливаются вводные автоматы.

Вычислим ток на НН КТПН для выбора вводного автомата:

$$I_{\text{КТПН.ввод}} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{288}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 437,57 \text{ А,}$$

Выбираем автомат ВА 88-40, $I_{ном.а} = 630 \text{ А}$, $I_{расц} = 500 \text{ А}$, предельная отключающая способность 35 кА.

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

$$I_{\Phi.1} = 218,519 \text{ А};$$

$$I_{\Phi.2} = 273,0 \text{ А}.$$

Для защиты линии Л-1 (Ф.1) выбираем автомат ВА 88-37, $I_{\text{ном.а}} = 400 \text{ А}$, $I_{\text{расц}} = 250 \text{ А}$, предельная отключающая способность 35 кА.

Для защиты линии Л-2 (Ф.2) выбираем автомат ВА 88-37, $I_{\text{ном.а}} = 400 \text{ А}$, $I_{\text{расц}} = 320 \text{ А}$, предельная отключающая способность 35 кА.

Необходимое количество линейных разъединителей на линии РЛНД-10/400 – 1 шт. (в месте присоединения отпайки к питающей транзитной линии).

Условия выбора разъединителя 10 кВ представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Выбор разъединителя 10 кВ

| Условие выбора | Тип разъединителя | Расчетные данные | Каталожные данные |
|---------------------------------------|---------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$ | РЛНД-10/400 УХЛ1 | $U_{\text{уст}} = 10 \text{ кВ}$ | $U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$ |
| $I_{\text{расч}} \leq I_{\text{ном}}$ | | $I_{\text{расч}} = 16,6 \text{ А}$ | $I_{\text{ном}} = 400 \text{ А}$ |

В КТПН установим выключатели нагрузки типа ВМП-М1-10-У3 [24].

Условия выбора выключателей нагрузки представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Проверка выключателя нагрузки 10 кВ в КТПН

| Условие выбора | Тип выключателя | Расчетные данные | Каталожные данные |
|---------------------------------------|-----------------|------------------------------------|----------------------------------|
| $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$ | ВМП-М1-10-У3 | $U_{\text{уст}} = 10 \text{ кВ}$ | $U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$ |
| $I_{\text{расч}} \leq I_{\text{ном}}$ | | $I_{\text{расч}} = 16,6 \text{ А}$ | $I_{\text{ном}} = 400 \text{ А}$ |

В КТПН установлены предохранители ПКТ-103-10-40-20-У3 [24].

Условия выбора:

$$\begin{aligned}
U_{\text{ном.пр.}} &\geq U_{\text{ном.сети}}; \\
I_{\text{ном.пр.}} &\geq I_{\text{раб.мах.}}; \\
I_{\text{ном.вст.}} &\geq I_{\text{раб.мах.}},
\end{aligned}
\tag{3.3}$$

$$\begin{aligned}
10\text{кВ} &= 10\text{кВ}; \\
40\text{А} &> 16,6\text{А}; \\
20\text{А} &> 16,6\text{А}.
\end{aligned}$$

В качестве защиты от перенапряжений на КТПН применяется ограничитель перенапряжений типа ОПНп-10.

3.5 Расчет токов короткого замыкания. 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 1,31 км). Тогда сопротивление системы:

$$x_c = \frac{U_{\text{ср.ном}}^2}{S_c} = \frac{10,5^2}{363,73} = 0,3 \text{ Ом},
\tag{3.4}$$

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 3хАС-50:

$$x_{\text{Л}} = x_0 \ell_{\text{Л}} = 0,4 \cdot 1,31 = 0,52 \text{ Ом}.$$

$$r_{\text{Л}} = r_0 \ell_{\text{Л}} = 0,65 \cdot 1,31 = 0,85 \text{ Ом}.$$

Рассчитаем результирующее сопротивление и ток КЗ в точке К1:

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

$$I_{K1} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \cdot x_{\Sigma K1}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,3} = 20 \text{ кА.} \quad (3.5)$$

$$i_{\text{ВД K1}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{ВД}} \cdot I_{K1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 2 \cdot 20 = 69,28 \text{ кА.} \quad (3.6)$$

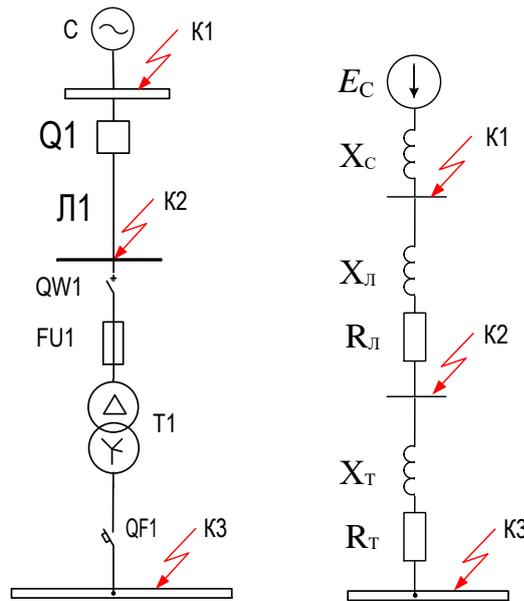


Рисунок 3.2 – Расчетная схема и схема замещения

Рассчитаем результирующее сопротивление и ток К3 в точке К2:

$$x_{\Sigma K2} = x_C + x_L = 0,3 + 0,52 = 0,82 \text{ Ом.}$$

$$r_{\Sigma K2} = r_L = 0,85 \text{ Ом.}$$

$$I_{K2} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma K2}^2 + r_{\Sigma K2}^2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,82^2 + 0,85^2}} = 5,13 \text{ кА.}$$

$$i_{\text{ВД K2}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{ВД}} \cdot I_{K2}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 5,13 = 7,25 \text{ кА.}$$

Импульс квадратичного тока К3:

$$B_K = \left(I_{\text{п}}^{(3)} \right)^2 \cdot (t_{\text{откл}} + T_a), \quad (3.7)$$

$$B_k = 5,13^2 \cdot (0,18 + 0,025) = 5,4 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}.$$

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

$$X_k = X_{\text{ном}} \cdot \left(\frac{U_{\text{ср. к}}}{U_{\text{ср. ном}}} \right)^2, \quad (3.8)$$

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:

$$x_{\text{л}} = x_{\text{удл}} \ell_{\text{л}} \cdot \left(\frac{U_{\text{ср. к}}}{U_{\text{ср. ном}}} \right)^2 = 0,4 \cdot 1,31 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,76 \text{ мОм}.$$

$$r_{\text{л}} = r_{\text{удл}} \ell_{\text{л}} \cdot \left(\frac{U_{\text{ср. к}}}{U_{\text{ср. ном}}} \right)^2 = 0,65 \cdot 1,31 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 1,24 \text{ мОм}.$$

Определяем сопротивление трансформатора:

$$r_{\text{тр}} = \frac{\Delta P_{\text{к.з.}}}{S_{\text{ном.тр.}}} \cdot \frac{U_{\text{ном.}}^2}{S_{\text{ном.тр.}}} \cdot 10^6; \quad (3.9)$$

$$x_{\text{тр}} = \sqrt{\left(\frac{U_{\text{к}}}{100} \right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{\text{к.з.}}}{S_{\text{ном.тр.}}} \right)^2} \cdot \frac{U_{\text{ном.}}^2}{S_{\text{ном.тр.}}} \cdot 10^6. \quad (3.10)$$

$$r_{mp} = \frac{12,2}{400} \cdot \frac{0,4^2}{400} \cdot 10^6 = 12,2 \text{ мОм};$$

$$x_{mp} = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{12,2}{400}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{400} \cdot 10^6 = 18,31 \text{ мОм}.$$

Рассчитаем ток КЗ в точке КЗ.

$$x_{\Sigma КЗ} = x_C + x_L + x_{mp} = 0,4 + 0,76 + 18,31 = 19,47 \text{ мОм}.$$

$$r_{\Sigma КЗ} = r_{mp} + r_L + r_{доб} = 12,2 + 1,24 + 15 = 28,44 \text{ мОм}.$$

$$I_{КЗ} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma КЗ}^2 + r_{\Sigma КЗ}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{19,47^2 + 28,44^2}} = 6,7 \text{ кА}.$$

$$i_{уд КЗ} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{КЗ}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 6,7 = 9,47 \text{ кА}.$$

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.3.4) больше указанных значений найденных токов к.з., и условие по предельной отключающей способности выполняется.

3.6 Расчет стоимости реконструкции по укрупненным показателям стоимости

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

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

- строительно-монтажные и пусконаладочные работы – $45,5+2,5= 48\%$;
- прочие затраты – 22%.

Затраты на КТПН (материалы, конструкции, оборудование, включая защитные аппараты (автоматические выключатели)): для КТПН-400/10/0,4 составляет 204,7 тыс. руб. в базисных ценах [26].

Стоимость КТПН (1х400) в ценах на 2 квартал 2024 г.

$$204,7*8,23 = 1684,681 \text{ тыс. руб.}$$

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

$$204,7*36,49*0,48 = 3585,361 \text{ тыс. руб.,}$$

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

$$204,7*10,46*0,22 = 471,056 \text{ тыс. руб.}$$

Полная стоимость строительства КТПН (с учетом коэффициента по региону, Хабаровский край):

$$(1684,681 + 3585,361 + 471,056) * 1,07 = 6143 \text{ тыс. руб.}$$

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

Расчет стоимости строительства ВЛ 0,4 кВ 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 и совместной подвески проводов с ЗхАС-50 напряжением 10 кВ.

1.3. Материал опор – железобетон

1.4. Марка и число проводов в фазе - СИП-2 3х240+1х120.

Общая характеристика района прохождения ВЛ.

2.1. Месторасположение воздушной линии – Хабаровский край.

Характеристика и технико-экономические показатели ВЛ 10 кВ

2.2. Совместная подвеска проводов с ВЛ 0,4 кВ осуществляется на длине линии 0,32 км, остальная длина – отдельно стоящие опоры (13,755 км).

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

Расчет затрат на строительство ВЛ 0,4 кВ в базисных ценах 2000 г. и в ценах на 2 квартал 2024 г. представлен в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – 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), 0,32 км | Таблица 2 | 0,32*321,3 | 102,816 |
| 2 участок (свободностоящие опоры ВЛ0,4кВ), 13,755 км | Таблица 2 | 13,755*229,2 | 3152,646 |
| | | Итого | 3255,462 |
| Стоимость строительства ВЛ0,4кВ (с учетом затрат сопутствующих строительству 22,1 %*) | п.2.7 | 3255,462*1,221 | 3974,919 |
| Стоимость строительства ВЛ0,4кВ в ценах на 2 квартал 2024 г. | [27] | 3974,919*8,23 | 32713,584 |

Примечание:

*22,1 %- для напряжений 0,4 кВ: 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.

** 8,23 – индекс изменения сметной стоимости материалов, изделий и конструкций, определяемый с применением федеральных единичных расценок на 2 квартал 2024года (без учета НДС) [27].

Составляющие стоимости строительства воздушной линии 0,4 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 0,4 кВ:

- строительно-монтажные работы:

$$3255,462*0,8*36,49 = 95033,447 \text{ тыс. руб.,}$$

- прочие затраты:

$$3255,462 * 0,2 * 10,46 = 6810,427 \text{ тыс. руб.},$$

Всего на строительство ВЛ 0,4кВ с проводами СИП (с учетом коэффициента регионально-климатических условий, п. 77 приложения № 2 к Сборнику [26]):

$$(32713,584 + 95033,447 + 6810,427) * 1,07 = 143977 \text{ тыс. руб.}$$

Общая стоимость реконструкции (затраты на монтаж проводов СИП и установку КТПН):

$$C_{\text{общ}} = 6143 + 143977 = 150120 \text{ тыс. руб.}$$

Общая стоимость реконструкции системы электроснабжения СНТСН «Энтузиаст» составит почти 150 млн. руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом выполнения бакалаврской работы является реконструкция системы электроснабжения СНТСН «Энтузиаст» в связи с изменением электрических нагрузок и заменой магистральных питающих воздушных линий 0,4 кВ с применением СИП.

В теоретической части рассмотрена характеристика объекта, подстанции и сетей, питающих рассматриваемое СНТСН, а также особенности потребителей дачных массивов.

В аналитической части произведен расчет электрических нагрузок СНТСН до реконструкции, произведена проверка допустимой загрузки трансформаторов существующей ТП, пропускной способности электрических сетей СНТСН. Рассчитаны потери электроэнергии и мощности в линиях электропередач.

В практической части представлен проект сети после реконструкции: уточнение мощности подстанции и сечений ЛЭП, распределение нагрузок по подстанциям и линиям. Проведен анализ существующего электропотребления СНТСН и анализ электропотребления СНТСН после замены проводов питающих линий. Рассчитаны потери электроэнергии в реконструированной сети 0,4 кВ.

Практическая значимость ВКР состоит в том, что данные исследования и полученные результаты могут быть использованы при проектировании и реконструкции систем электроснабжения частных секторов и дачных массивов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Александров, Н. В. Особенности эксплуатации сельских электрических сетей [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-ekspluatatsii-selskih-elektricheskikh-setey> (дата обращения 20.05.2024).
2. Анчарова, Т.В. Электроснабжение и электрооборудование.: Учебник / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевская, Е.Д. Стебунова. - М.: Форум, 2015. – 48 с.
3. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – 4-е изд., стер. – М. : КНОРУС, 2014. – 648 с.
4. ГОСТ 31819.21-2012 Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Частные требования. Часть 21. Статические счетчики активной энергии классов точности 1 и 2.
5. Железко Ю. С., Артемьев А. В., Савченко О. В. Расчет анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях. – М.: Издательство НЦ «ЭНАС», 2015. – 277 с.
6. Железко Ю. С., Шаров Ю. В., Зарудский Г. К., Сипачева О. В., Шведов Г. В. Потери электроэнергии в электрических сетях: основные сведения, расчет и нормирование / уч. пособие. – М.: ЗАО «Издательский дом МЭИ», 2017. – 128 с.
7. Железко, Ю. С. Потери электроэнергии, реактивная мощность, качество электроэнергии // Руководство для практических расчётов. – М.: Издательство НЦ «ЭНАС», 2019. – 455 с.
8. Лыкин, А.В. Электрические системы и сети: Учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – 254 с.
9. Постановление Правительства РФ от 27.12.2004 N 861 (ред. от 28.04.2023) «Об утверждении Правил недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг...».

10. 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.
11. Лещинская Т.Б. Практикум по электроснабжению сельского хозяйства/ Т.Б. Лещинская, И.В. Наумов – М.: Изд-во БИБКОН – ТРАНСЛОГ, 2015. – 455 с.
12. Кабель СИП. Виды и устройство. Маркировка и применение. Монтаж [сайт]. – URL: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektroobustrojstvo/jelektroprovodka/kabel-sip/> (дата обращения 20.05.2024).
13. Повышение эффективности управления распределительными сетями [сайт]. – URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3046 (дата обращения 20.04.2024).
14. Потери электроэнергии в электрических сетях [сайт]. – URL: <https://asutpp-ru.turbopages.org/s/asutpp.ru/poteri-jelektrojenergii-v-jelektricheskix-setjah.html> (дата обращения 20.04.2024).
15. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. – М. : Энергия, 2015. – 348 с.
16. Правила устройства электроустановок : утверждены Министерством энергетики Российской Федерации. – М. : Проспект, 2019. – 831 с.
17. РД 34.20.178-81 Методические указания по расчету электрических нагрузок в сетях 0,38-110 кВ сельскохозяйственного назначения.
18. РД 34.20.185-94 Инструкция по проектированию городских электрических сетей.
19. СП 256.1325800.2016 Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа (с Изменениями N 1, 2, 3).
20. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : ЭНАС, 2016. – 376 с.
21. 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.

22. 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.

23. Приказ Минэнерго России № 1272 от 30.11.2022 «Об утверждении нормативов потерь электрической энергии при ее передаче по единой национальной (общероссийской) электрической сети, осуществляемой публичным акционерным обществом «Федеральная сетевая компания – Россети» с использованием объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих публичному акционерному обществу «Федеральная сетевая компания – Россети» на праве собственности или ином законном основании, на 2023 год».

24. 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.

25. Черкасова, Н.И. Анализ состояния сельских электрических сетей 10 кВ в свете мониторинга отказов // Ползуновский вестник. - 2021. - № 4. - с. 49-54.

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 20.05.2024).

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
подпись инициалы, фамилия

« 21 » 06 2024 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Реконструкция системы электроснабжения СНТСН «Энтузиаст» ЕАО, пос.
Приамурский
тема

Руководитель 10.06.24 доцент, к.т.н.
подпись, дата должность, ученая степень

Н. В. Дулесова
инициалы, фамилия

Выпускник 10.06.24
подпись, дата

В. Ю. Петров
инициалы, фамилия

Нормоконтролер 10.06.24
подпись, дата

И. А. Кычакова
инициалы, фамилия

Абакан 2024