

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

Электроэнергетика  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Г.Н.Чистяков  
подпись инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021г.

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
код - наименование направления

Электроснабжение жилого района «Ташеба»  
в границах ул.Школьная и ул.Победы г.Абакана  
тема

Руководитель \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021г. доцент каф. ЭЭ,к.э.н. Н.В.Дулесова  
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021г. В.В. Карнаушенко  
подпись дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021г. И.А.Кычакова  
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Абакан 2021

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

«Электроэнергетика»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Г.Н.Чистяков

подпись      инициалы, фамилия

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021г.

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**в форме бакалаврской работы**

Студенту Карнаушенко Владислав Витальевич  
(фамилия, имя, отчество)

Группа ЗХЭн16-01(З-16)  
(номер)

Специальность 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код) (наименование)

Тема выпускной квалификационной работы: Электроснабжение жилого района «Ташеба» в границах ул.Школьная и ул.Победы г.Абакана

Утверждена приказом по институту № 244 от 23.04.2021 г.

Руководитель ВКР: Дулесова Наталья Валериевна, доцент кафедры «Электроэнергетика», кандидат экономических наук  
(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для ВКР генеральный план территории жилого района «Ташеба»

Перечень разделов выпускной квалификационной работы:

- 1 Теоретическая часть
  - 1.1 Характеристика проектируемых объектов, жилой зоны
- 2 Аналитическая часть
  - 2.1 Расчет электрических нагрузок в жилом районе
  - 2.2 Определение расчетных параметров, выбор мощности трансформаторов
  - 2.3 Выбор числа трансформаторов и расположения трансформаторных подстанций
- 3 Практическая часть
  - 3.1 Расчет схем распределительной сети 10 кВ
  - 3.2 Техничко-экономическое сравнение двух схем распределительных сетей 10 кВ
  - 3.3 Расчет токов короткого замыкания
  - 3.4 Выбор и проверка проводов в сети 0,4 кВ в жилом районе
  - 3.5 Выбор оборудования в сети 0,4 кВ в жилом районе
  - 3.6 Оценка качества напряжения в сети
  - 3.7 Расчет уличного освещения жилого района

Перечень графического материала:

1. План трасс воздушных линий
2. Однолинейные схемы комплектных трансформаторных подстанций
3. Уличное освещение

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_ /Н.В.Дулесова  
подпись инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ /В.В.Карнаушенко  
подпись инициалы, фамилия

15 мая 2021 г.

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Электроснабжение жилого района «Ташеба» в границах ул.Школьная и ул.Победы г.Абакана» содержит 69 страниц текстового документа, 25 использованных источников, 3 листа графического материала.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ОБОРУДОВАНИЕ, КАЧЕСТВО,  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ, НАДЕЖНОСТЬ, ЭКОНОМИЧНОСТЬ,  
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ.

Объектом исследования является – электроснабжение жилого района «Ташеба» в границах ул.Школьная и ул.Победы г.Абакана

Актуальность темы состоит в том, что, выполняем проектирование перспективной и востребованной схемы электроснабжения жилого района п.Ташеба.

Предметом исследования является методы и способы проектирования наиболее экономичной СЭС.

Целью выполнения выпускной квалификационной работы является электроснабжение жилого района «Ташеба» в границах ул.Школьная и ул.Победы г.Абакана

В течение проработки работы были получены следующие результаты:

- определены расчётные электрические нагрузки;
- выбраны схемы распределения электроэнергии;
- выбрано основное оборудование
- установлено, что система электроснабжения удовлетворяет требованиям надежности и экономичности;
- предложены пути и мероприятия по строительству рациональной, экономически эффективной и актуальной системы электроснабжения.

## **ABSTRACT**

The final qualifying work on the topic "Power supply of the residential area" Tasheba "within the boundaries of Shkolnaya and Pobeda streets of Abakan" contains 69 pages of a text document, 25 used sources, 3 sheets of graphic material.

**POWER SUPPLY, EQUIPMENT, QUALITY, ELECTRICITY, RELIABILITY, ECONOMY, ENERGY SAVING, ENERGY EFFICIENCY.**

The object of the research is the power supply of the residential area "Tasheba" within the boundaries of Shkolnaya street and Pobedy street of Abakan

The relevance of the topic lies in the fact that we are designing a promising and demanded power supply scheme for a residential area in the village of Tasheba.

The subject of the research is the methods and methods of designing the most economical SPP.

The purpose of the final qualifying work is to supply power to the Tasheba residential area within the boundaries of Shkolnaya Street and Pobeda Street in Abakan

During the study of the work, the following results were obtained:

- calculated electrical loads have been determined;
- Electricity distribution schemes have been selected;
- main equipment selected
- it was found that the power supply system meets the requirements of reliability and efficiency;
- proposed ways and measures for the construction of a rational, cost-effective and relevant power supply system.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	8
1 Теоретическая часть.....	9
1.1 Характеристика проектируемых объектов, жилой зоны.....	10
2 Аналитическая часть.....	11
2.1 Расчет электрических нагрузок в жилом районе .....	11
2.1.1 Выбор напряжения и источников питания электрической сети.....	11
2.2 Определение расчетных параметров, выбор мощности трансформаторов.....	12
2.2.1 Выбор мощности трансформаторов в жилом районе.....	12
2.3 Выбор числа трансформаторов и расположения трансформаторных подстанций.....	16
3 Практическая часть.....	22
3.1 Расчет схем распределительной сети 10 кВ.....	22
3.1.1 Расчет потокораспределения мощности вариантов распределительной сети 10 кВ.....	22
3.1.2 Выбор и проверка проводов в сети 10 кВ и определение потерь мощности и активной энергии в линиях.....	24
3.2 Технико-экономическое сравнение двух схем распределительных сетей 10 кВ.....	27
3.3 Расчет токов короткого замыкания.....	33
3.3.1 Расчет токов короткого замыкания в устройствах напряжением 10 кВ.....	33
3.3.2 Проверка оборудования на напряжение 10 кВ.....	38
3.4 Выбор и проверка проводов в сети 0,4 кВ в жилом районе.....	40
3.5 Выбор оборудования в сети 0,4 кВ в жилом районе.....	44
3.5.1 Расчет токов короткого замыкания в установках напряжением до 1 кВ.....	45

3.5.2	Проверка оборудования на напряжение ниже 1 кВ.....	48
3.5.3	Проверка условий срабатывания защитного аппарата при однофазном замыкании в сети напряжением до 1кВ.....	50
3.6	Оценка качества напряжения в сети .....	52
3.6.1	Максимальный режим.....	52
3.6.2	Минимальный режим.....	55
3.7	Расчет уличного освещения в жилом районе .....	58
	Заключение.....	66
	Список использованных источников.....	67

## ВВЕДЕНИЕ

Основной задачей электрической сети является обеспечение устойчивого снабжения электрической энергией потребителей, подсоединенных к этой сети.

Одной из важнейших задач электрификации является обеспечение надежности электроснабжения потребителей жилого района.

Надёжная работа электрической сети, способная обеспечить непрерывное снабжение потребителей энергией требуемого качества и безопасность электроснабжения.

Актуальность выбранной темы состоит в том, что, востребованы расчеты для электрических сетей, питающих потребителей.

Объектом исследования является система электроснабжения жилого района «Ташеба» в границах ул.Школьная и ул.Победы г.Абакана

Предметом исследования являются технологии и способы анализа и расчета системы электроснабжения.

Целью выполнения выпускной квалификационной работы является электроснабжение жилого района «Ташеба» в границах ул.Школьная и ул.Победы г.Абакана

В течение работы над ВКР были получены следующие результаты:

- расчет электрических нагрузок в жилом районе;
- определение расчетных параметров, выбор мощности трансформаторов;
- выбор числа трансформаторов и расположения трансформаторных подстанций;
- выбор и проверка проводов в сети 0,4 кВ в жилом районе;
- выбор оборудования в сети 0,4 кВ в жилом районе;
- технико-экономическое сравнение двух схем распределительных сетей 10 кВ;

Практическая значимость исследования обусловлена тем, что теоретические и практические рекомендации могут быть использованы специалистами при строительстве СЭС жилого района.



## **1 Теоретическая часть**

Жилые районы являются крупными потребителями электрической энергии, возросло потребление электроэнергии на бытовые нужды за счет увеличения количества различных хозяйственных машин, набора бытовых приборов в домашнем хозяйстве, а так же в результате перехода на электрическое или смешанное отопление.

Система энергоснабжения - это совокупность электрических сетей и трансформаторных подстанций, расположенных на рассматриваемой территории и предназначенных для электроснабжения потребителей. Базовой структурной единицей селитебной зоны является район, на территории которого, кроме групп жилых домов размещаются учреждения повседневного обслуживания населения. Планировка и застройка жилых районов должны обеспечивать наиболее благоприятные условия для быта и отдыха населения, воспитания и образования детей. Но доминирующую часть района составляет жилая зона (коттеджи). Основной задачей проектирования является создание наиболее простой схемы энергоснабжения, наиболее полного использования энергии с наименьшими потерями.

В области энергоснабжения потребителей эти задачи предусматривают повышение уровня проектно-конструкторских разработок, внедрения высоконадежного электрооборудования, снижение непроизводительных расходов электроэнергии при ее передаче, распределении и потреблении.

## **1.1 Характеристика проектируемых объектов жилой зоны**

Питание жилых зон потребителей осуществляется с помощью распределительных сетей напряжения 10кВ [22].

Рассматривается группа объектов жилого района «Ташеба» расположенная на западе района.

Проектируемый объект включает в себя коттеджную застройку и детский сад, торговый комплекс, спортивно-досуговый комплекс, магазин.

Общая площадь объекта составляет 543915м<sup>2</sup>.

Электроснабжение района осуществляется от существующей ЛЭП-10кВ.

По степени надежности электроснабжения, проектируемые объекты жилого района «Ташеба» относятся ко II и III категориям потребителей.

## 2 Аналитическая часть

### 2.1 Расчет электрических нагрузок в жилом районе

#### 2.1.1 Выбор напряжения и источников питания электрической сети

Электроприемники бытовые, рассчитаны на однофазное напряжение 220 В частоты 50 Гц. Помимо бытовых приемников в зданиях предусмотрено электроотопление с трехфазным напряжением 380 В, частотой 50 Гц переменного тока. Поэтому для коттеджей принимаем напряжение на вводе 380 В переменного тока с частотой 50 Гц. Потребляемая мощность коттеджа 15 кВт.

Жилой район запитывается от существующей воздушной линии 10 кВ. поскольку детский сад и торговый комплекс потребители II категории, их питанием осуществляем от двухтрансформаторных подстанций, двухцепной линией.

Электрические нагрузки зданий на проектируемой территории приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Электрические нагрузки зданий на проектируемой территории

№ п/п	Наименование	Единица измерения	Удельная нагрузка	Р здания, кВт	Р отопления, кВт	К <sub>н.м.</sub>	Мощность, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Детский сад	220 мест	0,46 кВт/место	101,2	152,5	0,5	126,9
2	Спортивно-досуговый комплекс	1381 м <sup>2</sup>	0,054 кВт/м <sup>2</sup>	74,6	230,6	0,5	152,6
3	Торговый комплекс	1448,9 м <sup>2</sup>	0,25кВт/м <sup>2</sup>	362,2	196,4	0,5	279,3
4	Магазин	225 м <sup>2</sup>	0,25 кВт/м <sup>2</sup>	63,8	66,53	0,5	65,2

## 2.2 Определение расчетных параметров, выбор мощности трансформаторов

### 2.2.1 Выбор мощности трансформаторов в жилом районе

Потребляемая мощность коттеджа 15 кВт,  $\cos\varphi=0,98$ ,  $\operatorname{tg}\varphi=0,2$ .

Для расчета мощности ТП 10/0,4 кВ применяем коэффициент совмещения 0,29 таблица 5 [16]. При совмещении объектов разного назначения коэффициенты совмещения  $K_c$  применяю из [16].

Таблица 2.2 – Расчетные параметры ТП №1

Наименование	Количество	$P_{уд}$ , кВт	$P_{уд\Sigma}$ , кВт	$K_c$	$P_{расч}$ , кВт
1	2	3	4	5	6
Коттедж 15 кВт	58	15	870	0,29	252,3
Магазин	1	65,2	65,2	0,8	52,2
Уличное освещение	60	0,15	9	1	9
Итого с учетом 5% потерь					313,5

Необходимую мощность трансформатора рассчитаем по формуле:

$$S_{тр} = P_{расч} / \cos\varphi, \quad (2.1)$$

где  $P_{расч}$  – расчетная мощность, кВт.

$$S_{тр} = P_{расч} / \cos\varphi = 313,5 / 0,98 = 319,9 \text{ кВА.}$$

Принимаем  $S_{тр} = 400$  кВА.

Таблица 3.2 – Расчетные параметры ТП №2

Наименование	Количество	$P_{уд}$ , кВт	$P_{уд\Sigma}$ , кВт	$K_c$	$P_{расч}$ , кВт
1	2	3	4	5	6
Коттедж 15 кВт	86	15	1290	0,29	374,1
Уличное освещение	86	0,15	12,9	1	12,9
Итого с учетом 5% потерь					387

Необходимую мощность трансформатора рассчитаем по формуле (2.1):

$$S_{тр} = P_{расч} / \cos\varphi = 387 / 0,98 = 394,9 \text{ кВА.}$$

Принимаем мощность трансформатора 400 кВА.

Таблица 2.3 – Расчетные параметры ТП №3

Наименование	Количество	$P_{уд}$ , кВт	$P_{уд\Sigma}$ , кВт	$K_c$	$P_{расч}$ , кВт
1	2	3	4	5	6
Коттедж 15 кВт	78	15	1170	0,29	339,3
Уличное освещение	78	0,15	11,7	1	11,7
Итого с учетом 5% потерь					351

Необходимую мощность трансформатора рассчитаем по формуле (2.1):

$$S_{тр} = P_{расч} / \cos\varphi = 351 / 0,98 = 358,2 \text{ кВА.}$$

Принимаем мощность трансформатора 400 кВА.

Таблица 2.4 – Расчетные параметры ТП №4

Наименование	Количество	$P_{уд}$ , кВт	$P_{уд\Sigma}$ , кВт	$K_c$	$P_{расч}$ , кВт
1	2	3	4	5	6
Коттедж 15 кВт	51	15	765	0,29	221,9
Уличное освещение	51	0,15	7,7	1	7,7
Итого с учетом 5% потерь					229,6

Необходимую мощность трансформатора рассчитаем по формуле (2.1):

$$S_{тр} = P_{расч} / \cos\varphi = 229,6 / 0,98 = 234,3 \text{ кВА.}$$

Принимаем мощность трансформатора 250 кВА.

Таблица 2.5 – Расчетные параметры ТП №5

Наименование	Количество	$P_{уд}$ , кВт	$P_{уд\Sigma}$ , кВт	$K_c$	$P_{расч}$ , кВт
1	2	3	4	5	6
Коттедж 15 кВт	42	15	630	0,29	182,7
Детский сад	1	126,9	126,9	0,8	101,5
Уличное освещение	44	0,15	6,6	1	6,6
Итого с учетом 5% потерь					290,8

Необходимую мощность трансформаторов рассчитаем по формуле (2.1):

$$S_{тр} = P_{расч} / \cos\varphi = 290,8 / 0,98 = 296,7 \text{ кВА.}$$

Принимаем мощность трансформаторов 250 кВА.

Таблица 2.6 – Расчетные параметры ТП №6

Наименование	Количество	$P_{уд}$ , кВт	$P_{уд\Sigma}$ , кВт	$K_c$	$P_{расч}$ , кВт
1	2	3	4	5	6
Отопление домов категории Б	46	15	690	0,29	200,1
Торговый комплекс	1	279,2	279,2	0,8	223,4

Окончание таблицы 2.6

1	2	3	4	5	6
Спортивно-досуговый комплекс	1	152,6	152,6	0,8	122,1
Уличное освещение	66	0,15	9,9	1	9,9
Итого с учетом 5% потерь					555,5

Необходимую мощность трансформаторов рассчитаем по формуле (2.1):

$$S_{тр} = P_{расч} / \cos\varphi = 555,5 / 0,98 = 566,8 \text{ кВА.}$$

Принимаем мощность трансформаторов 630 кВА.

Таблица 2.7 – Расчетные параметры ТП №7

Наименование	Количество	$P_{уд}$ , кВт	$P_{уд\Sigma}$ , кВт	$K_c$	$P_{расч}$ , кВт
1	2	3	4	5	6
Коттедж 15 кВт	55	15	825	0,29	239,3
Уличное освещение	55	0,15	8,3	1	8,3
Итого с учетом 5% потерь					247,6

Необходимую мощность трансформатора рассчитаем по формуле (2.1):

$$S_{тр} = P_{расч} / \cos\varphi = 247,6 / 0,98 = 252,7 \text{ кВА.}$$

Принимаем мощность трансформатора 400 кВА.

## 2.3 Выбор числа трансформаторов и расположения трансформаторных подстанций

Застройка жилого района относится ко III категории по надежности электроснабжения [15]. Основными требованиями при выборе числа трансформаторов являются: надежность электроснабжения, а также минимум приведенных затрат на трансформаторы. Следовательно, устанавливаем однострансформаторные подстанции.

Коэффициент загрузки определяется по формуле:

$$K_3 = S_{тр} / (n \cdot S_{ном}), \quad (2.2)$$

где  $S_{ном}$  – номинальная мощность трансформатора, кВА;

$S_{тр}$  – расчетная мощность трансформатора, кВА;

$n$  – количество трансформаторов.

Коэффициент загрузки лежит в пределах  $K_3 = 1$ .

Коэффициент перегрузки определяется по формуле:

$$K_{пер} = S_{тр} / S_{ном}, \quad (2.3)$$

где  $S_{тр}$ ,  $S_{ном}$  как в формуле (2.1).

Коэффициент перегрузки не должен превышать  $K_{пер} \leq 1$ .

Расчет сведен в таблицу 2.8

Таблица 2.8 – Выбор трансформаторов на подстанциях

№ ТП	$S_{тр}$ , кВА	$K_3$	Марка трансформатора
1	2	3	4
1	319,9	0,79	ТМГ-400/10/0,4
2	394,9	0,99	ТМГ-400/10/0,4
3	358,2	0,89	ТМГ-400/10/0,4



Окончание таблицы 2.8

1	2	3	4
4	234,3	0,6	ТМГ-400/10/0,4
5	296,7	1,17	ТМГ-2х250/10/0,4
6	566,8	0,9	ТМГ-2х630/10/0,4
7	252,7	0,63	ТМГ-400/10/0,4

Для всех трансформаторов коэффициенты загрузки соответствуют требованию.

Рассчитаем потери мощности и активной энергии в трансформаторах.

Потери мощности определим по следующим формулам:

$$\Delta P = n \cdot \Delta P_{xx} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_k \cdot \left( \frac{S_{тр}}{S_{ном}} \right)^2, \quad (2.4)$$

$$\Delta Q = n \cdot \frac{I_{xx\%}}{100} \cdot S_{ном} + \frac{1}{n} \cdot \frac{U_k\% \cdot S_{тр}^2}{100 \cdot S_{ном}}, \quad (2.5)$$

где  $\Delta P_{xx}$ ,  $\Delta P_k$ ,  $U_k\%$ ,  $I_{xx\%}$  - справочные данные;

$n$ ,  $S_{тр}$ ,  $S_{ном}$  как в формуле (2.1).

Потери активной энергии определим по формуле:

$$\Delta A = n \cdot \Delta P_{xx} \cdot \tau_{год} + \tau \cdot \frac{1}{n} \cdot \Delta P_k \cdot \left( \frac{S_{тр}}{S_{ном}} \right)^2, \quad (2.6)$$

где  $\tau_{год}$  – фактическое время работы потребителей в год,  $\tau_{год}=8760$  ч;

$\tau$  – время отработанное,  $\tau=2988$  ч [21].

Расчет сведем в таблицу 2.9

Таблица 2.9 – Потери мощности и активной энергии в трансформаторах

№ ТП	$n \times S_{\text{тр-в}}$	$\Delta P_{\text{xx}}$ , кВт	$\Delta P_{\text{к}}$ , кВт	$U_{\text{к}}$ , %	$I_{\text{xx}}$ , %	$S_{\text{тр}}$ , кВА	$S_{\text{ном}}$ , кВА	$\Delta P$ , кВт	$\Delta Q$ , кВАр	$\Delta A$ , МВт·ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1x400	1,05	7,6	4,5	2,1	319,9	400	5,9	19,9	23,7
2	1x400	1,05	7,6	4,5	2,1	394,9	400	8,5	25,9	31,3
3	1x400	1,05	7,6	4,5	2,1	358,2	400	7,1	22,8	27,4
4	1x400	1,05	7,6	4,5	2,1	234,3	400	3,7	14,6	17,0
5	2x250	0,82	5,5	4,5	2,3	296,7	250	6,2	13,7	18,8
6	2x630	1,56	12,2	5,5	2	566,8	630	4,6	26,6	28,4
7	1x400	1,05	7,6	4,5	2,1	252,7	400	4,1	15,6	18,3

Подстанция является одним из самых основных звеньев системы электроснабжения. Поэтому оптимальное размещение подстанций – важнейший вопрос при построении рациональных систем электроснабжения.

При выборе расположения подстанции в застройке коттеджами электрическая нагрузка рассредоточена по отдельным объектам и выбор места расположения подстанций должен быть связан с архитектурой. Местом установки подстанции будем считать площадки, примыкающие к проезжей части.

Для выбора установки трансформаторных подстанций используем метод центра электрических нагрузок.

Координаты центра электрических нагрузок выражаются уравнением:

$$X = \frac{\sum_{k=1}^m P_k \cdot X_k}{\sum_{k=1}^m P_k}, \quad (2.7)$$

$$Y = \frac{\sum_{k=1}^m P_k \cdot Y_k}{\sum_{k=1}^m P_k}, \quad (2.8)$$

где  $P_k$  – мощность  $k$ -го дома, кВт;

$X_k, Y_k$  – координаты  $k$ -го дома, см.

Координаты домов сведем в таблицу 2.10

Таблица 2.10 – Координаты домов

№ дома	X, см	Y, см	№ дома	X, см	Y, см	№ дома	X, см	Y, см
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТП №1								
1	14,9	44,9	9*	12,8	34,7	22	14,3	29,1
2	13,2	40,6	11*	11,0	38,7	23	10,1	32,8
3	12,9	45,0	12	10,2	34,7	24	12,3	29,1
4	10,6	40,8	10	8,3	38,7	25	8,0	32,7
5	10,8	45,0	8	8,2	34,5	26	10,2	29,1
6	8,3	40,8	6	5,7	38,7	27	5,8	32,7
1*	8,6	45,0	4	6,0	34,6	28	8,0	29,1
3*	5,9	40,8	2	14,3	32,7	29	5,8	29,0
5*	6,2	44,8	20	16,5	29,2	Магазин	17,7	38,3
7*	13,6	38,7	21	12,1	32,8	30	14,3	29,1
44	14,9	44,9	50	12,8	34,7	56	10,1	32,8
46	13,2	40,6	52	11,0	38,7	58	12,3	29,1
48	12,9	45,0	54	10,2	34,7	60	8,0	32,7
55	10,6	40,8	61	8,3	38,7	62	10,2	29,1
57	10,8	45,0	63	8,2	34,5	67	5,8	32,7
59	8,3	40,8	65	5,7	38,7	69	8,0	29,1
71	8,6	45,0	56	6,0	34,6	60*	5,8	29,0
73	5,9	40,8	58	14,3	32,7	61	17,7	38,3
66	6,2	44,8	70	16,5	29,2	74	14,3	29,1
68	13,6	38,7	72	12,1	32,8		10,1	32,8
ТП №2								
1	25,3	24,1	9*	23,5	12,6	12	25,1	6,9
2	23,2	24,1	6*	23,1	17,5	30	21,2	10,5
3	23,5	19,7	8*	20,9	12,7	32	23,1	6,9
4	21,0	24,2	10*	20,6	17,5	34	19,6	10,6
5	21,0	19,8	12*	18,6	12,7	35	21,3	6,9

Окончание таблицы 2.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	18,9	24,2	14	18,6	17,5	36	17,8	10,5
7	18,7	19,8	16	16,3	12,7	37	19,5	6,9
8	16,4	24,2	18	16,3	17,6	38	16,0	10,6
9	16,3	19,7	19	25,1	10,6	39	17,6	6,9
10	25,3	17,6	21	23,1	10,6	40	15,9	6,8
11	25,3	24,1	23	23,5	12,6	41	25,1	6,9
12	23,2	24,1	25	23,1	17,5	42	21,2	10,5
1*	23,5	19,7	27	20,9	12,7	43	23,1	6,9
2*	21,0	24,2	29	20,6	17,5	44	19,6	10,6
3*	21,0	19,8	31	18,6	12,7	45	21,3	6,9
4*	18,9	24,2	32	18,6	17,5	46	17,8	10,5
5*	18,7	19,8	20	16,3	12,7	47	19,5	6,9
6*	16,4	24,2	22	16,3	17,6	48	16,0	10,6
7*	16,3	19,7	24	25,1	10,6	49	17,6	6,9
8*	25,3	17,6	26	23,1	10,6	50	15,9	6,8
51	25,3	24,1	54	23,5	12,6	12*	25,1	6,9
52	23,2	24,1	10*	23,1	17,5	13*	21,2	10,5
53	23,5	19,7	11*	20,9	12,7	14*	23,1	6,9
15*	21,0	24,2	19*	20,6	17,5	30*	19,6	10,6
16*	21,0	19,8	24*	18,6	12,7	32*	21,3	6,9
17*	18,9	24,2	26*	18,6	17,5	34*	17,8	10,5
18*	18,7	19,8	28*	16,3	12,7	36*	19,5	6,9
38*	16,4	24,2	40*	16,3	17,6	42*	25,1	6,9

Остальные ТП рассчитываются аналогично.

По формулам (2.7) и (2.8) рассчитаем центр электрических нагрузок подстанций. Произведем смещение подстанций к источнику питания для более рационального расположения. Расчет сведем в таблицу 2.11

Таблица 2.11 – Координаты подстанций и их смещение

№ ТП	X <sub>расч</sub> , см	Y <sub>расч</sub> , см	X <sub>смещ</sub> , см	Y <sub>смещ</sub> , см
1	2	3	4	5
1	29,243	47,497	30,497	47,641
2	34,1	34,3	30,287	33,554
3	30,1	30,3	40,3	46,5
4	29,243	47,497	30,497	47,641
5	11,35	37,03	3,8	37,2
6	22,1	15,1	14,3	16,1
7	32,5	14,8	28,0	16,1

### 3 Практическая часть

#### 3.1 Расчет схем распределительной сети 10 кВ

##### 3.1.1 Расчет потокораспределения мощности вариантов распределительной сети 10 кВ

Для электроснабжения жилого района, имеющего в основном ЭП 3 категории [15], на напряжение 10 кВ рассмотрим два варианта радиально-магистральных схем

а) Рассмотрим I радиально-магистральную схему.

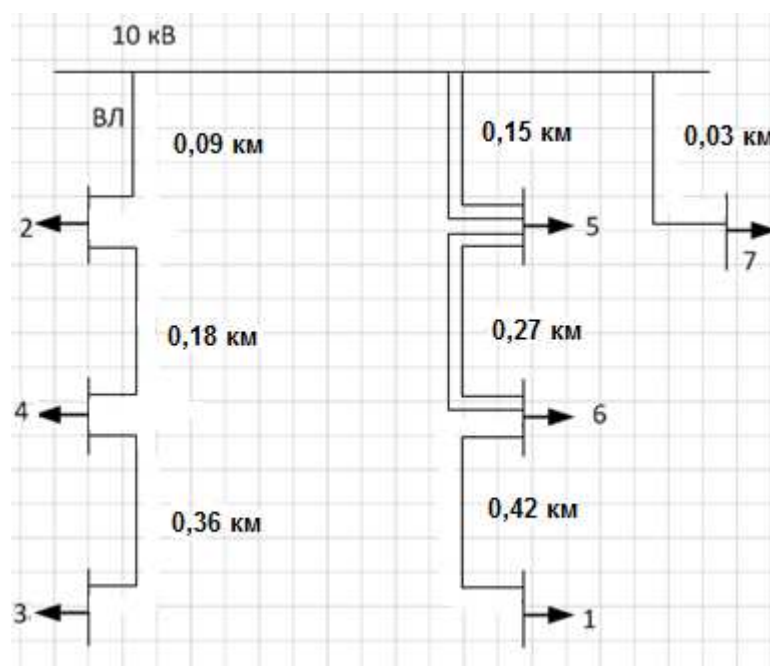


Рисунок 3.1 – I радиально-магистральная схема

Полная мощность на подстанциях.

$$S_1=319,9 \text{ кВА}=313,5+j63,7;$$

$$S_2=394,9 \text{ кВА} = 387,0+j78,6;$$

$$S_3=358,2 \text{ кВА}=351,0+j71,3;$$

$$S_4=234,3 \text{ кВА}=299,6+j46,6;$$

$$S_5=296,7 \text{ кВА}=290,8+j59,0;$$

$$S_6=566,8 \text{ кВА}=555,5+j112,8;$$

$$S_7=252,7 \text{ кВА}=247,6+j50,3.$$

Рассчитаем потоки мощности на участках схемы:

$$S_{07} = S_7 = 247,6 + j50,3 = 252,7 \text{ кВА};$$

$$S_{6,1} = S_1 = 313,5 + j63,7 = 319,9 \text{ кВА};$$

$$S_{5,6} = S_{6,1} + S_6 = 313,5 + j63,7 + 555,5 + j112,8 = 869 + j176,5 = 886,7 \text{ кВА};$$

$$S_{0,5} = S_{5,6} + S_5 = 869 + j176,5 + 290,8 + j59,0 = 1159,8 + j235,5 = 1183,5 \text{ кВА};$$

$$S_{4,3} = S_3 = 351,0 + j71,3 = 358,2 \text{ кВА};$$

$$S_{2,4} = S_3 + S_4 = 351,0 + j71,3 + 299,6 + j46,6 = 650,6 + j117,9 = 661,2 \text{ кВА};$$

$$S_{0,2} = S_{2,3} + S_2 = 650,6 + j117,9 + 387,0 + j78,6 = 1037,6 + j196,5 = 1056 \text{ кВА}.$$

б) Рассмотрим II радиально-магистральную схему.

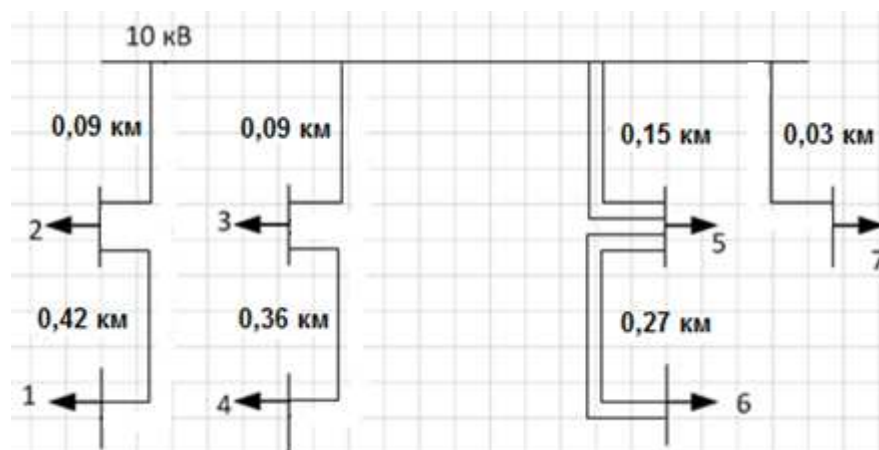


Рисунок 3.2 - II радиально-магистральная схема

Рассчитаем потоки мощности на участках схемы:

$$S_{07} = S_7 = 247,6 + j50,3 = 252,7 \text{ кВА};$$

$$S_{2,1} = S_1 = 313,5 + j63,7 = 319,9 \text{ кВА};$$

$$S_{0,2} = S_{2,1} + S_2 = 313,5 + j63,7 + 387,0 + j78,6 = 700,5 + j142,3 = 714,8 \text{ кВА};$$

$$S_{3,4} = S_4 = 299,6 + j46,6 = 234,3 \text{ кВА};$$

$$S_{0,3} = S_{3,4} + S_3 = 299,6 + j46,6 + 351,0 + j71,3 = 650,6 + j117,9 = 661,2 \text{ кВА};$$

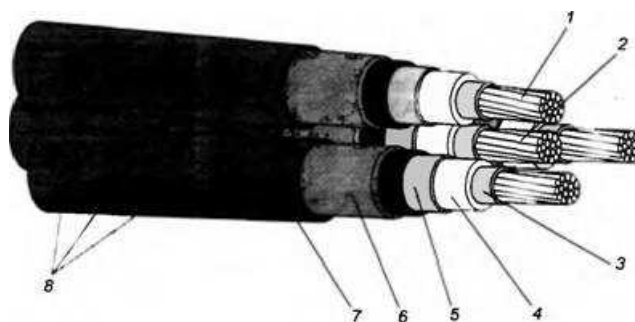
$$S_{5,6} = S_6 = 555,5 + j112,8 = 566,8 \text{ кВА};$$

$$S_{0,5} = S_{5,6} + S_5 = 555,5 + j112,8 + 290,8 + j59,0 = 846,3 + j171,8 = 863,6 \text{ кВА}.$$

### 3.1.2 Выбор и проверка проводов в сети 10 кВ и определение потерь мощности и активной энергии в линиях

а) Произведем расчет для I радиально-магистральной схемы.

Выбираем провода СИП марки Саха 10 кВ. Конструктивное исполнение провода Саха показано на рисунке 3.2.



1 — круглая алюминиевая жила; 2 — несущий трос; 3 — экран по жиле из полупроводниковой пластмассы; 4 — основная изоляция из сжатого полиэтилена; 5 — экран по основной изоляции из полупроводящей пластмассы и ленты; 6 — общий экран из алюмополиэтиленовой ленты; 7 — оболочка; 8 — скрутка из трех одножильных проводов с оболочкой, скрученных вокруг подвешного троса.

Рисунок 3.2 – Конструкция провода «Саха»

Токи рассчитаем по формулам:

$$I_{\text{раб}} = \frac{S_{\text{расч}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot n} \cdot K_{\text{п}}, \quad (3.1)$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{S_{\text{расч}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} \cdot K_{\text{п}}, \quad (3.2)$$

где  $K_{\text{п}}$  - поправочный коэффициент при расчетной температуре среды,  $K_{\text{п}}=0,9$  [19],  
 $n=1$  – количество линий.

Расчеты сведем в таблицу 3.1

Таблицы 3.1 – Сечение провода марки Саха



Участок	Длина, км	S <sub>нагрВЛ</sub> , кВА	I <sub>раб</sub> , А	I <sub>ав</sub> , А	I <sub>доп</sub> , А	Сечение
1	2	3	4	5	6	7
0-5	0,15x2	1183,5	61,6	61,6	175	3x35
5-6	0,27x2	886,7	46,1	46,1	175	3x35
6-1	0,42	319,9	16,6	16,6	175	3x35
0-2	0,09	1056	54,9	54,9	175	3x35
2-3	0,18	661,2	34,4	34,4	175	3x35
3-4	0,36	234,3	12,2	12,2	175	3x35
0-7	0,03	252,7	13,1	13,1	175	3x35

Найдем потери напряжения, потери мощности в проводах по формулам, учитывая количество линий n=1, n=2, потери энергии по формуле:

$$\Delta A = \Delta P \cdot \tau, \text{ МВт} \cdot \text{ч.}$$

Расчеты сведем в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Расчет потерь напряжения и мощности

Участок	L, км	I <sub>раб</sub> , А	cosφ	γ <sub>уд</sub> , Ом /км	x <sub>уд</sub> , Ом /км	ΔU, %	ΔP, кВт	ΔQ, к ВАр	ΔA, МВт·ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0-5	0,15x2	61,6	0,98	0,84	0,064	0,0303	9,6	0,728	83,7
5-6	0,27x2	46,1	0,98	0,84	0,064	0,0408	5,4	0,409	47,0
6-1	0,42	16,6	0,98	0,84	0,064	0,0115	0,7	0,053	6,1
0-2	0,09	54,9	0,98	0,84	0,064	0,0081	7,6	0,579	66,6
2-3	0,18	34,4	0,98	0,84	0,064	0,0102	3,0	0,227	26,1
3-4	0,36	12,2	0,98	0,84	0,064	0,0072	0,4	0,029	3,3
0-7	0,03	13,1	0,98	0,84	0,064	0,0006	0,4	0,033	3,8
Итого									236,6

б) Произведем расчет для II радиально-магистральной схемы.

По формулам (3.1), (3.2) найдем токи. Занесем в таблицу 3.3.

Таблицы 3.3 – Сечение провода марки Саха

Участок	Длина, км	$S_{нагрВЛ}$ , кВА	$I_{раб}$ , А	$I_{ав}$ , А	$I_{доп}$ , А	Сечение
1	2	3	4	5	6	7
0-5	0,15x2	252,7	13,1	13,1	175	3x35
5-6	0,27x2	319,9	16,6	16,6	175	3x35
0-3	0,09	714,8	37,2	37,2	175	3x35
3-4	0,36	234,3	12,2	12,2	175	3x35
0-2	0,09	661,2	34,4	34,4	175	3x35
2-1	0,42	566,8	29,5	29,5	175	3x35
0-7	0,03	863,6	44,9	44,9	175	3x35

Найдем потери напряжения, потери мощности в проводах по формулам учитывая количество линий  $n=1$ ,  $n=2$ . Расчеты сведем в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Расчет мощности и активной энергии

Участок	$L$ , км	$I_{раб}$ , А	$\cos\varphi$	$\gamma_{уд}$ , Ом /км	$x_{уд}$ , Ом /км	$\Delta U$ , %	$\Delta P$ , кВт	$\Delta Q$ , кВ Ар	$\Delta A$ , МВт·ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0-5	0,15x2	13,1	0,98	0,84	0,064	0,0065	0,4	0,033	3,8
5-6	0,27x2	16,6	0,98	0,84	0,064	0,0147	0,7	0,053	6,1
0-3	0,09	37,2	0,98	0,84	0,064	0,0055	3,5	0,265	30,5
3-4	0,36	12,2	0,98	0,84	0,064	0,0072	0,4	0,029	3,3
0-2	0,09	34,4	0,98	0,84	0,064	0,0051	3,0	0,227	26,1
2-1	0,42	29,5	0,98	0,84	0,064	0,0203	2,2	0,167	19,2
0-7	0,03	44,9	0,98	0,84	0,064	0,0022	5,1	0,388	44,6
Итого									133,6

$$t_{вкл}=0,03 \text{ с} , t_{откл}=0,05 \text{ с}.$$

### 3.2 Технико-экономическое сравнение двух схем распределительных сетей 10 кВ

Экономичность сопоставляемых вариантов определяется путем сравнения затрат двух вариантов по формуле:

$$Z = E \cdot K + I + \Delta A \cdot c, \quad (3.3)$$

где  $E=0,12$  – нормативный коэффициент;

$\Delta A$  - годовая стоимость потерь электроэнергии в линиях и трансформаторах;

$I$  – издержки.

$K$ - величина капитальных затрат;

$c$  – тариф на электроэнергию.

Издержки находятся по формуле:

$$I = (I_a + I_p + I_o) \cdot K, \quad (3.4)$$

где  $I_a$  – издержки на амортизацию;

$I_p$  – издержки на ремонт;

$I_o$  – издержки на обслуживание.

Так как схемы электроснабжения отличаются лишь протяженностью ВЛ, то вести полное технико-экономическое сравнение вариантов нецелесообразно. Так как потери электроэнергии в трансформаторах одинаковы для двух схем, то их в расчет не будем включать. Проведем расчет только в отличающейся части схемы.

Расчет стоимости строительства ВЛ 10 кВ:

1. Технические показатели ВЛ:

1.1. Количество линий – одна.

1.2. Марка и сечение провода - SAХКА 3х35.

1.3. Тип опор – железобетонные.

2. Общая характеристика района прохождения ВЛ 10 кВ:

2.1. Месторасположение воздушной линии – Республика Хакасия.

I вариант схемы.

Характеристика и технико-экономические показатели ВЛ 10 кВ.

2.2. Протяженность ВЛ:

Участок 0-2 = 0,09 км;

Участок 2-3 = 0,18 км;

Участок 4-3 = 0,36 км;

Участок 0-5 = 0,3 км;

Участок 5-6 = 0,54 км;

Участок 6-1 = 0,42 км.

2.3. Сечение линий: 3х35. Стоимость ВЛ 385,1 тыс.руб./км. [23].

Таблица 3.5 – Расчет затрат на строительство ВЛ 10 кВ

Составляющие затрат	Расчет затрат	Величина затрат, тыс. руб.
Стоимость ВЛ 10 кВ по базисным показателям	34,7+69,3+138,6+57,2+104+161,7	565,5
Участок 0-2	385,1·0,09	34,7
Участок 2-3	385,1·0,18	69,3
Участок 3-4	385,1·0,36	138,6
Участок 0-5	385,1·0,3	57,2
Участок 5-6	385,1·0,54	104,0
Участок 6-1	385,1·0,42	161,7
Итого		
Стоимость строительства ВЛ (с учетом затрат сопутствующих строительству 19,1 %*)	565,5·1,191	673,5

Примечание: \*19,1% - для напряжений 0,4-10 кВ [23].

Всего:  $673,5 \cdot 1,09$  ( [23] п. 67 приложения №2) = 707,2 тыс. руб.

- строительные-монтажные работы

$1878 \cdot 0,19 \cdot 5,85 = 2087,4$  тыс. руб.,

где 5,85 - индекс изменения сметной стоимости строительные-монтажных работ по видам строительства (без учета НДС).

- оборудование

$1878 \cdot 0,6 \cdot 3,94 = 4439,6$  тыс. руб.,

где 3,94 - индекс изменения сметной стоимости оборудования (без учета НДС).

- пусконаладочные работы

$1878 \cdot 0,04 \cdot 12,64 = 949,5$  тыс. руб.,

где 12,64- индекс изменения сметной стоимости строительные-монтажных работ по видам строительства (без учета НДС).

- прочие затраты

$1878 \cdot 0,17 \cdot 7,74 = 2471,1$  тыс. руб.,

Всего:  $2087,4 + 4439,6 + 949,5 + 2471,1 = 9947,6 \cdot 1,09 = 10842,9$  тыс. руб.

$K = 707,2 + 10842,9 = 11550,1$  тыс. руб.

$I_{ВЛ} = (I_a + I_p + I_o) \cdot K = (0,01 + 0,025 + 0,02) \cdot 707,2 = 38,9$  тыс.руб.

$I_{\Sigma} = 1529,7$  тыс.руб.

$\Delta A = 236,6$  МВт·ч (табл.3.2).

$Z_I = E \cdot K + I + \Delta A \cdot c = 0,12 \cdot 11550,1 \cdot 1,18 + 1529,7 \cdot 1,18 + 236,6 \cdot 139 = 36327,9$  тыс.руб,

где НДС = 18%,

$c = 1,39$  руб/кВтч = 139 руб/МВт– тариф на электроэнергию для сельской местности Республики Хакасия [10.].

II вариант схемы.

2.2. Протяженность ВЛ:

Участок 0-2 = 0,09 км;

Участок 2-1 = 0,42 км;

Участок 0-3 = 0,09 км;

Участок 3-4 = 0,36 км;

Участок 0-5 = 0,3 км;

Участок 5-6 = 0,54 км.

Участок 0-7 = 0,03 км;

2.3. Сечение линий: 3х35

Таблица 3.6 – Расчет затрат на строительство ВЛ 10 кВ

Составляющие затрат	Расчет затрат	Величина затрат, тыс. руб.
1	2	3
Стоимость ВЛ 10 кВ по базисным показателям	$34,7 + 161,7 + 34,7 + 138,6 + 57,8 + 104 + 11,6$	543,1
Участок 0-2	$385,1 \cdot 0,09$	34,7
Участок 2-1	$385,1 \cdot 0,42$	161,7
Участок 0-3	$385,1 \cdot 0,09$	34,7
Участок 3-4	$385,1 \cdot 0,36$	138,6
Участок 0-5	$385,1 \cdot 0,3$	57,8
Участок 5-6	$385,1 \cdot 0,54$	104
Участок 0-7	$385,1 \cdot 0,03$	11,6

Окончание таблицы 3.6

1	2	3
Итого		
Стоимость строительства ВЛ	543,1·1,191	646,8

Всего:  $646,8 \cdot 1,09$  ([23] п. 67 приложения №2) = 705,0 тыс. руб.

- строительно-монтажные работы

$$2504 \cdot 0,19 \cdot 5,85 = 2783,2 \text{ тыс. руб.},$$

где 5,85 – индекс изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ по видам строительства (без учета НДС).

- оборудование

$$2504 \cdot 0,6 \cdot 3,94 = 5919,5 \text{ тыс. руб.},$$

где 3,94 – индекс изменения сметной стоимости оборудования (без учета НДС).

- пусконаладочные работы

$$2504 \cdot 0,04 \cdot 12,64 = 1266 \text{ тыс. руб.},$$

где 12,64 – индекс изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ по видам строительства (без учета НДС).

- прочие затраты

$$2504 \cdot 0,17 \cdot 7,74 = 3294,8 \text{ тыс. руб.},$$

где 7,74 - индекс изменения сметной стоимости прочих работ и затрат (без учета НДС).

Всего:  $2783,2+5919,5+1266+3294,8 = 13263,5 \cdot 1,09 = 14457,2$  тыс. руб.

$$K=705,0 + 14457,2 = 15162,2 \text{ тыс. руб.}$$

$$I_{\text{ВЛ}}=(I_a+I_p+ I_o) \cdot K=(0,01+0,025+0,02) \cdot 705 = 38,8 \text{ тыс.руб.}$$

$$I_{\Sigma}=2421,5 \text{ тыс.руб.}$$

$$\Delta A=133,6 \text{ МВт}\cdot\text{ч (таблица 3.4).}$$

$$Z_{\text{II}}=E \cdot K+I+\Delta A \cdot c=0,12 \cdot 705,0 \cdot 1,18+2421,5 \cdot 1,18+133,6 \cdot 139=41551,2 \text{ тыс.руб.}$$

$c=1,39$  руб/кВтч =139 руб/МВт– тариф на электроэнергию для сельской местности Республика Хакасия [10].

Сравним затраты:

$$(Z_I - Z_{\text{II}}) / Z_I \cdot 100\%=(36327,9-41551,2)/36327,9 \cdot 100=14\%.$$

Выбираем I радиально-магистральную схему по минимуму затрат.



### 3.3 Расчет токов короткого замыкания

#### 3.3.1 Расчет токов короткого замыкания в устройствах напряжением 10 кВ

Основной причиной нарушения нормального режима работы системы электроснабжения является возникновение короткого замыкания (КЗ) в сети или элементах электрооборудования [11].

При возникновении КЗ имеет место увеличение токов в фазах системы электроснабжения или электроустановок по сравнению с их значением в нормальном режиме работы.

Для расчетов тока КЗ составляем расчетную схему системы электроснабжения и на ее основе схему замещения. Расчетная схема представляет собой упрощенную однолинейную схему, на которой указываем все элементы системы электроснабжения и их параметры, влияющие на ток КЗ. Здесь же указываем точки, в которых необходимо определить ток КЗ [11]. Расчет токов КЗ выполняем в относительных единицах. При этом все величины сравниваем с базисными, в качестве которых принимаем базисную мощность  $S_6$  и базисное напряжение  $U_6$ .

Сопротивление элементов системы электроснабжения приводим к базисным условиям. Исходные данные:

Таблица 3.6 – Основные данные по ВЛ

Участок	l, км	$r_0$ , Ом/км	$x_0$ , Ом/км	F, мм <sup>2</sup>
0-5	0,15x2	0,84	0,064	35
5-6	0,27x2	0,84	0,064	35
6-1	0,42	0,84	0,064	35
0-2	0,09	0,84	0,064	35
2-4	0,18	0,84	0,064	35
4-3	0,36	0,84	0,064	35
0-7	0,03	0,84	0,064	35

Расчет ведется в о.е.

Ток в точке К1:

$$I_{к1} = \frac{I_{\bar{\sigma}}}{x}, \text{кА} \quad , \quad (3.5)$$

где  $I_{\bar{\sigma}}$ - базисый ток

$X$ - сопротивление системы

$$I_{\bar{\sigma}} = \frac{S_{\bar{\sigma}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\bar{\sigma}}}, \text{кА} \quad (3.6)$$

где  $S_{\bar{\sigma}}$ – базисная мощность

$U_{\bar{\sigma}}$ – базисное напряжение

Базисные условия могут выбираться либо по параметрам головного коммутационного аппарата либо по мощности системы.

$$U_{\bar{\sigma}} = 10,5 \text{ кВ}$$

$$S_{\bar{\sigma}} = 31,5 \cdot 10 = 315 \text{ МВА}$$

$$X_{сист} = \frac{S_{\bar{\sigma}}}{\sqrt{3} \cdot I_{н\text{от}} \cdot U_{\bar{\sigma}}} = \frac{315}{1,73 \cdot 31,5 \cdot 10,5} = 0,55 \text{ о.е.}$$

$$I_{\bar{\sigma}} = \frac{315}{1,73 \cdot 10,5} = 17 \text{ кА}$$

$$I_{к1} = \frac{17}{0,55} = 31, \text{кА}$$

$$i_{уд} = k_{уд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{к1} \quad (3.7)$$

$$i_{уд} = 1,4 \cdot 1,41 \cdot 31 = 61 \text{ кА}$$

$$x_{\text{ВЛ}} = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2} \text{ о.е.} \quad (3.8)$$

$$r_{\text{ВЛ}} = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2} \text{ о.е.} \quad (3.9)$$

По данным формулам вычисляем активное и индуктивное сопротивление линий и полученные значения заносим в таблицу 3.7

Таблица 3.7 – Активное и индуктивное сопротивление ВЛ

№ участка	$x_{\text{ВЛ}}$ о.е.	$r_{\text{ВЛ}}$ о.е.
Участок 0-2	0,166	1,14
Участок 2-4	0,155	1,94
Участок 4-3	0,217	3,73
Участок 0-5	0,112	0,77
Участок 5-6	0,122	1,53
Участок 6-1	0,185	3,7

**К2:**

$$z_{\Sigma} = \sqrt{1,14^2 + j(0,55 + 0,166)^2} = 1,34 \text{ о.е.}$$

$$I_{\text{к2}} = \frac{1}{1,34} \cdot 17 = 12,6 \text{ кА}$$

$$I_{\text{уд}} = 24,8 \text{ кА}$$

**К5:**

$$z_{\Sigma} = \sqrt{0,77^2 + j(0,55 + 0,112)^2} = 1,01 \text{ о.е.}$$

$$I_{\text{к5}} = \frac{1}{1,01} \cdot 17 = 16,83 \text{ кА}$$

$$I_{yд}=33,2\text{кА}$$

**К3:**

$$r_{\Sigma}=r_{01}+r_{12} ; x_{\Sigma}=x_c+x_{01}+x_{12}$$

$$z_{\Sigma} = \sqrt{(1,14 + 1,94)^2 + j(0,55 + 0,166 + 0,155)^2} = 3.2 \text{ o.e.}$$

$$I_{к3} = \frac{1}{3,2} \cdot 17 = 5.3 \text{ кА}$$

$$I_{yд}=10,5\text{кА}$$

**К6:**

$$r_{\Sigma}=r_{04}+r_{45} ; x_{\Sigma}=x_c+x_{04}+x_{45}$$

$$z_{\Sigma} = \sqrt{(0,77 + 1,53)^2 + j(0,55 + 0,112 + 0,122)^2} = 2.4 \text{ o.e.}$$

$$I_{к6} = \frac{1}{2,4} \cdot 17 = 7 \text{ кА}$$

$$I_{yд}=14\text{кА}$$

**К4:**

$$r_{\Sigma}=r_{01}+r_{12} +r_{23}; x_{\Sigma}=x_c+x_{01}+x_{12}+x_{23}$$

$$z_{\Sigma} = \sqrt{(1.14 + 1.94 + 3.73)^2 + j(0.55 + 0,166 + 0.155 + 0.217)^2} = 6.9 \text{ o.e.}$$

$$I_{к4} = \frac{1}{6.9} \cdot 17 = 2.46 \text{ кА}$$

$$I_{уд} = 4.86 \text{ кА}$$

**К7:**

$$r_{\Sigma} = r_{04} + r_{45} + r_{56}; \quad X_{\Sigma} = X_c + X_{04} + X_{45} + X_{56}$$

$$z_{\Sigma} = \sqrt{(0.77 + 1.53 + 3.17)^2 + j(0.55 + 0.112 + 0.122 + 0.185)^2} = 5.55 \text{ о.е.}$$

$$I_{к7} = \frac{1}{5.55} \cdot 17 = 3.06 \text{ кА}$$

$$I_{уд} = 6.04 \text{ кА}$$

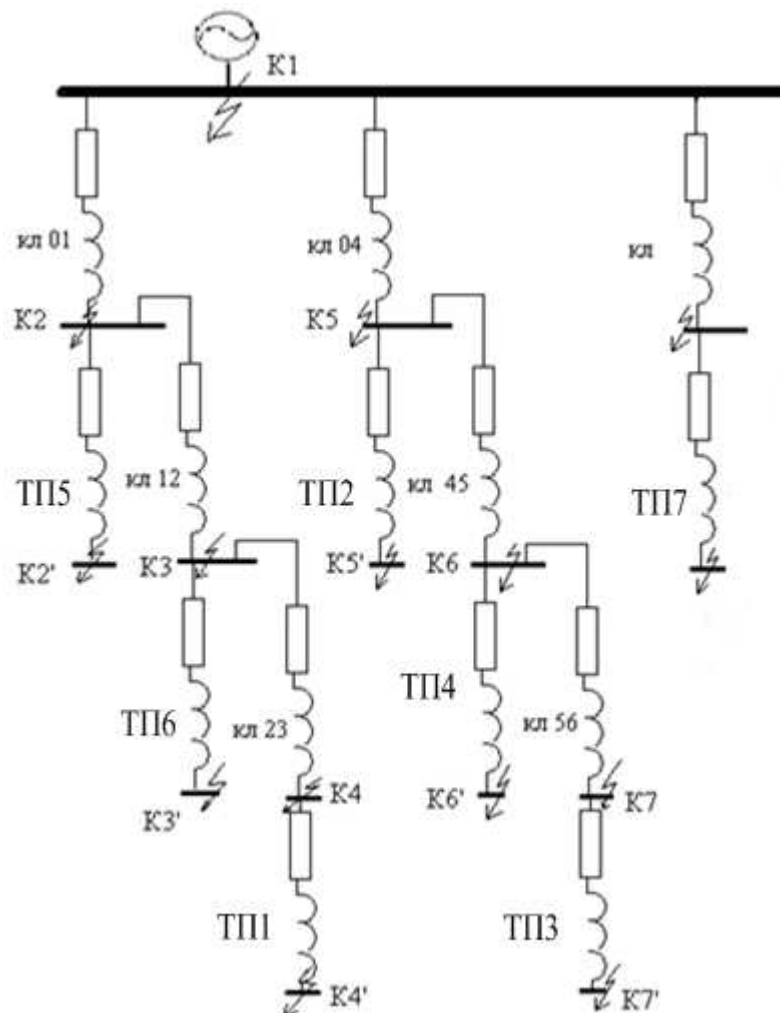


Рисунок 3.1 – Схема точек КЗ

### 3.3.2 Проверка оборудования на напряжение 10 кВ

Проверим головной выключатель на совместимость:

1. По номинальному напряжению  $U_{\text{ном}} \leq U_{\text{уст}}$

$$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$$

$$U_{\text{уст}} = 10 \text{ кВ}$$

$U_{\text{ном}} = U_{\text{уст}}$  выполняется.

2. По номинальному длительному току  $I_{\text{ном}} \geq I_{\text{раб}}$

$$I_{\text{ном}} = 630 \text{ А} \quad I_{\text{раб065}} = 61,6 \text{ А}$$

$$I_{\text{раб5-6}} = 46,1 \text{ А}$$

$$I_{\text{раб2-4}} = 34,4 \text{ А}$$

$$I_{\text{раб6-1}} = 16,6 \text{ А}$$

$$I_{\text{раб4-3}} = 12,2 \text{ А}$$

$$I_{\text{раб0-2}} = 54,9 \text{ А}$$

$$I_{\text{раб0-7}} = 13,1 \text{ А}$$

3. Проверка на электродинамическую стойкость.  $I_{\text{пред}} \geq I_{\text{к.з.}}$  (3-х фазному)

$$i_{\text{пред}} \geq i_{\text{удар}}$$

$$I_{\text{пред}} = 31,5 \text{ кА}$$

$$I_{\text{к.з. 2}} = 12,6 \text{ кА}$$

$$i_{\text{удар2}} = 24,8 \text{ кА}$$

$$I_{\text{к.з. 3}} = 5,3 \text{ кА}$$

$$i_{\text{удар3}} = 10,5 \text{ кА}$$

$$i_{\text{пред}} = 80 \text{ кА}$$

$$I_{\text{к.з. 4}} = 2,46 \text{ кА}$$

$$i_{\text{удар4}} = 4,86 \text{ кА}$$

$$I_{\text{к.з. 5}} = 16,83 \text{ кА}$$

$$i_{\text{удар5}} = 33,2 \text{ кА}$$

$$I_{\text{к.з. 6}} = 7 \text{ кА}$$

$$i_{\text{удар6}} = 14 \text{ кА}$$

$$I_{\text{к.з. 7}} = 3,06 \text{ кА}$$

$$i_{\text{удар7}} = 6,04 \text{ кА}$$

Выполняется во всех случаях.

4. На термическую стойкость по тепловому импульсу КЗ  $I_{\text{терм}} \cdot t_{\text{терм}} \geq Вк$

$$t_{\text{терм}} = 3 \text{ сек}$$

$$I_{\text{терм}} = I_{\text{пред}} = 31,5 \text{ кА}$$

$$31,5^2 \cdot 3 = 2976,8 \text{ кА}^2 \text{ с}$$

$$Вк = I_{\text{откл}} \cdot t_{\text{откл}} = 31,5^2 \cdot 0,055 = 54574 \text{ кА}^2 \text{ с}$$

2976,8 ≥ 545,7 Условие выполняется.

$$F_1 = \frac{\sqrt{B_{\text{к}}}}{95} = \frac{\sqrt{54574000}}{95} = 33 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = \frac{\sqrt{B_{\text{к}}}}{95} = \frac{\sqrt{8731800}}{95} = 31 \text{ мм}^2$$

$$F_3 = \frac{\sqrt{B_{\text{к}}}}{95} = \frac{\sqrt{1545000}}{95} = 13 \text{ мм}^2$$

$$F_4 = \frac{\sqrt{B_{\text{к}}}}{95} = \frac{\sqrt{332838}}{95} = 6 \text{ мм}^2$$

$$F_5 = \frac{\sqrt{B_{\text{к}}}}{95} = \frac{\sqrt{15579000}}{95} = 31 \text{ мм}^2$$

$$F_6 = \frac{\sqrt{B_{\text{к}}}}{95} = \frac{\sqrt{2695000}}{95} = 17 \text{ мм}^2$$

$$F_7 = \frac{\sqrt{B_{\text{к}}}}{95} = \frac{\sqrt{514998}}{95} = 8 \text{ мм}^2$$

5. По отключающей способности (3х фазный)  $I_{\text{откл}} \geq I_{\text{кз}}$

$$I_{\text{откл}} = 31,5 \text{ кА}$$

$$31,5 \geq 12,6 \text{ кА}$$

$$31,5 \geq 5,3 \text{ кА}$$

$$31,5 \geq 2,46 \text{ кА}$$

$$31,5 \geq 16,83 \text{ кА}$$

$$31,5 \geq 7 \text{ кА}$$

$$31,5 \geq 3,06 \text{ кА}$$

Условие выполняется.

### 3.4 Выбор и проверка проводов в сети 0,4 кВ в жилом районе

Допустимую величину потерь напряжения принимаем 5% (от источника питания ВЛ 10 кВ до вводов в коттеджи) [21].

Схемы построения сети, в основном, магистрали, то есть от одной ВЛ запитываем несколько коттеджей с равномерно распределенной нагрузкой.

Рассмотрим ТП №1, ветвь 1.

$P_{\text{расч}} = \text{бшт} \cdot 15 \text{ кВт} \cdot 0,29 = 60,9 \text{ кВт}$ , длина ветви  $L = 0,18 \text{ км}$ . Выбираем провода марки СИП-2.

Найдем расчетный ток по формуле:

$$I_{\text{расч}} = \frac{P_{\text{расч}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \cos\varphi} \cdot K_{\text{п}}, \quad (3.10)$$

где  $K_{\text{п}} = 0,92$  – поправочный коэффициент при температуре окружающего воздуха  $35 \text{ }^\circ\text{C}$ , температура жилы  $90 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$$I_{\text{расч}} = \frac{60,9}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,98} \cdot 0,92 = 82,6 \text{ А.}$$

Выбираем провод марки СИП-2 4x35 с допустимым номинальным током  $I_{\text{доп}} = 120 \text{ А}$ .

Найдем потери напряжения в проводе:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\text{расч}} \cdot L \cdot (r_{\text{уд}} \cdot \cos\varphi + x_{\text{уд}} \cdot \sin\varphi)}{U_{\text{НОМ}}} \cdot 100\%, \quad (3.11)$$

где  $r_{\text{уд}}$ ,  $x_{\text{уд}}$  – удельное активное и реактивное сопротивление, Ом/км.

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 82,6 \cdot 0,18 \cdot (0,822 \cdot 0,98 + 0,085 \cdot 0,199)}{400} \cdot 100\% = 4,3\%.$$



Найдем потери мощности по формулам:

$$\Delta P = 3 \cdot I_{\text{расч}}^2 \cdot r_{\text{уд}} \cdot L \cdot 10^{-3}, \quad (3.12)$$

$$\Delta Q = 3 \cdot I_{\text{расч}}^2 \cdot x_{\text{уд}} \cdot L \cdot 10^{-3}, \quad (3.13)$$

$$\Delta P = 3 \cdot 82,6^2 \cdot 0,822 \cdot 0,018 \cdot 10^{-3} = 0,3 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q = 3 \cdot 82,6^2 \cdot 0,085 \cdot 0,018 \cdot 10^{-3} = 0,031 \text{ кВАр}.$$

Дальнейший расчет сведем в таблицу 3.8.

Таблица 3.8 – Выбор и проверка проводов 0,4 кВ

№ ветви	$P_{\text{расч}}$ , кВт	$L$ , км	$\cos\varphi$	$I_{\text{расч}}$ , А	$I_{\text{доп}}$ , А	Марка, сечение	$r_{\text{уд}}$ , Ом/км	$x_{\text{уд}}$ , Ом/км	$\Delta U$ , %	$\Delta P$ , кВт	$\Delta Q$ , кВАр
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ТП №1											
1	97,95	0,084	0,98	132,72	195	СИП-4х35	0,822	0,085	4,1	3,93	0,41
2	76,95	0,084	0,98	104,27	195	СИП-4х35	0,822	0,085	3,1	2,25	0,23
3	133,55	0,079	0,98	180,96	240	СИП-4х35	0,568	0,085	3,6	4,4	0,66
4	308,45	0,058	0,98	417,95	436	СИП-4х35	0,211	0,082	2,3	6,4	2,49
5	72,45	0,078	0,98	98,17	195	СИП-4х35	0,822	0,085	2,7	1,85	0,19
6	84,45	0,085	0,98	114,43	195	СИП-4х35	0,822	0,085	3,5	2,74	0,28
7	99,45	0,085	0,98	134,75	195	СИП-4х35	0,822	0,085	4,1	3,8	0,39
8	256,35	0,064	0,98	347,35	380	СИП-4х35	0,265	0,082	2,7	6,14	1,9
ТП №2											

Продолжение таблицы 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	82,13	0,06	0,98	111,29	195	СИП-4х35	0,822	0,085	2,4	1,83	0,19
2	83,94	0,04	0,98	113,74	195	СИП-4х35	0,822	0,085	1,6	1,28	0,13
3	152,6	0,07	0,98	206,77	240	СИП-4х35	0,568	0,085	3,6	5,10	0,76
4	320,65	0,085	0,98	434,48	436	СИП-4х35	0,211	0,082	3,6	10,1 6	3,95
5	80,12	0,078	0,98	108,56	195	СИП-4х35	0,822	0,085	3,0	2,27	0,23
6	85,65	0,085	0,98	116,06	195	СИП-4х35	0,822	0,085	3,5	2,82	0,29
7	105,62	0,085	0,98	143,12	195	СИП-4х35	0,822	0,085	4,3	4,29	0,44
8	270,6	0,064	0,98	366,66	380	СИП-4х35	0,265	0,082	2,8	6,84	2,12
ТП №3											
1	73,5	0,105	0,98	99,59	195	СИП-4х35	0,822	0,085	3,7	2,57	0,27
2	95,6	0,1	0,98	129,54	195	СИП-4х35	0,822	0,085	4,6	4,14	0,43
3	160,4	0,09	0,98	217,34	240	СИП-4х35	0,568	0,085	4,9	7,24	1,08
4	300,45	0,058	0,98	407,11	436	СИП-4х35	0,211	0,082	2,3	6,08	2,36
5	90,98	0,07	0,98	123,28	195	СИП-4х35	0,822	0,085	3,1	2,62	0,27
6	82,95	0,085	0,98	112,40	195	СИП-4х35	0,822	0,085	3,4	2,65	0,27
7	110,95	0,09	0,98	150,34	195	СИП-4х35	0,822	0,085	4,8	5,02	0,52
8	279,1	0,064	0,98	378,18	380	СИП-4х35	0,265	0,082	2,9	7,28	2,25
1	90,65	0,06	0,98	122,83	195	СИП-4х35	0,822	0,085	2,6	2,23	0,23
2	95,64	0,02	0,98	129,59	195	СИП-4х35	0,822	0,085	0,9	0,83	0,09
3	140,6	0,05	0,98	190,51	240	СИП-4х35	0,568	0,085	2,4	3,09	0,46
4	199,6	0,09	0,98	270,46	436	СИП-4х35	0,211	0,082	2,4	4,17	1,62

Продолжение таблицы 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	98,3	0,07	0,98	133,20	195	СИП-4х35	0,822	0,085	3,3	3,06	0,32
ТП№4											
6	95,8	0,05	0,98	129,81	195	СИП-4х35	0,822	0,085	2,3	2,08	0,21
7	105,62	0,09	0,98	143,12	195	СИП-4х35	0,822	0,085	4,6	4,55	0,47
8	270,6	0,03	0,98	366,66	380	СИП-4х35	0,265	0,082	1,3	3,21	0,99
ТП№5											
1	100,5	0,08	0,98	136,18	195	СИП-4х35	0,822	0,085	3,9	3,66	0,38
2	90,7	0,07	0,98	122,90	195	СИП-4х35	0,822	0,085	3,1	2,61	0,27
3	150,7	0,09	0,98	204,20	240	СИП-4х35	0,568	0,085	4,6	6,39	0,96
4	200,5	0,04	0,98	271,68	436	СИП-4х35	0,211	0,082	1,0	1,87	0,73
5	98,73	0,05	0,98	133,78	195	СИП-4х35	0,822	0,085	2,4	2,21	0,23
6	100,4	0,04	0,98	136,04	195	СИП-4х35	0,822	0,085	1,9	1,83	0,19
7	105,62	0,06	0,98	143,12	195	СИП-4х35	0,822	0,085	3,1	3,03	0,31
8	265,3	0,08	0,98	359,48	380	СИП-4х35	0,265	0,082	3,4	8,22	2,54
ТП№6											
1	110,6	0,06	0,98	149,86	195	СИП-4х35	0,822	0,085	3,2	3,32	0,34
2	109,6	0,04	0,98	148,51	195	СИП-4х35	0,822	0,085	2,1	2,18	0,22
3	145,3	0,09	0,98	196,88	240	СИП-4х35	0,568	0,085	4,4	5,94	0,89
4	205,6	0,05	0,98	278,59	436	СИП-4х35	0,211	0,082	1,3	2,46	0,95
5	95,4	0,01	0,98	129,27	195	СИП-4х35	0,822	0,085	0,5	0,41	0,04
6	98,6	0,06	0,98	133,60	195	СИП-4х35	0,822	0,085	2,9	2,64	0,27
7	110,4	0,09	0,98	149,59	195	СИП-4х35	0,822	0,085	4,8	4,97	0,51

### Окончание таблицы 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	250,7	0,08	0,98	339,70	380	СИП-4х35	0,265	0,082	3,2	7,34	2,27
ТП№7											
1	115,6	0,09	0,98	156,64	195	СИП-4х35	0,822	0,085	5,0	5,45	0,56
2	113,5	0,05	0,98	153,79	195	СИП-4х35	0,822	0,085	2,7	2,92	0,30
3	156,4	0,09	0,98	211,92	240	СИП-4х35	0,568	0,085	4,7	6,89	1,03
4	250,3	0,05	0,98	339,16	436	СИП-4х35	0,211	0,082	1,6	3,64	1,41

### 3.5 Выбор оборудования в сети 0,4 кВ в жилом районе

Для защиты линий 0,4 кВ будем использовать выключатели ВА 88-37.

Выключатели выбираем по условиям:

$$I_{\text{ном,а}} \geq I_{\text{раб}};$$

$$I_{\text{ном,расц,т}} \geq I_{\text{раб}};$$

$$I_{\text{ном,расц,э}} \geq I_{\text{раб}}.$$

Выбор выключателей представим в таблице 3.9

Таблица 3.9 – Выбор выключателей на 0,4 кВ

№ ТП		$I_{\text{раб}}, \text{А}$	Тип выключателя	$I_{\text{ном,а}}, \text{А}$	$I_{\text{ном,расц,т}}, \text{А}$	$I_{\text{ном,расц,э}}, \text{А}$	$I_{\text{откл}}, \text{кА}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Ветвь 4	417,95	ВА88-37	800	500	8000	35
	Ветвь 8	347,35	ВА88-37	400	400	4000	35

### Окончание таблицы 3.9

1	2	3	4	5	6	7	8
2	Ветвь 4	359,5	ВА88-37	400	400	4000	35
	Ветвь 8	367,68	ВА88-37	400	400	4000	35
3	Ветвь 4	359,5	ВА88-37	400	400	4000	35
	Ветвь 8	367,68	ВА88-37	400	400	4000	35
4	Ветвь 4	252,12	ВА88-37	400	400	4000	35
	Ветвь 8	343,39	ВА88-37	400	400	4000	35
5	Ветвь 2	550,88	ВА88-37	800	630	8000	35
	Ветвь 3	584,55	ВА88-37	800	630	8000	35
6	Ветвь 1	477,55	ВА88-37	800	630	8000	35
7	Ветвь 2	367,68	ВА88-37	400	400	4000	35

### 3.5.1 Расчет токов короткого замыкания в установках напряжением до 1 кВ

Для установок напряжением до 1 кВ при расчётах токов КЗ считают, что мощность питающей линии бесконечна и напряжение на стороне высшего напряжения трансформатора является неизменным [11]. Расчет выполняем в именованных единицах. Сопротивление элементов системы электроснабжения высшего напряжения приводим к низшему напряжению по формуле:

$$x_n = x_g \cdot \left( \frac{U_{номн}}{U_{номв}} \right)^2, \quad (3.14)$$

где  $x_g$  – сопротивление элемента системы электроснабжения высшего напряжения,  $x_n$  – сопротивление элемента системы электроснабжения высшего напряжения, приведенное к низшему напряжению,  $U_{номн}$  –  $U_{номв}$  – соответственно, напряжение высшей и низшей ступеней.

Трансформаторная подстанция №6:

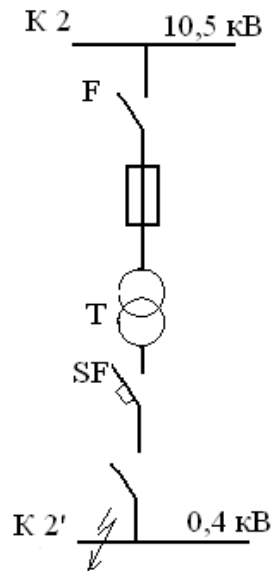


Рисунок 3.2 – Короткое замыкание на шине 0,4 кВ ТП №6

Приведем сопротивления системы электроснабжения высшего напряжения к напряжению 0,4 кВ[11].

$$x_{\Sigma 10/0,4} = x_{\Sigma 10} \cdot K_T^2 \quad (3.15)$$

$$r_{\Sigma 10/0,4} = r_{\Sigma 10} \cdot K_T^2 \quad (3.16)$$

$$Z_{\Sigma \frac{10}{0,4}} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} I_{к3}} \cdot K_T^2 = \frac{10,5}{1,73 \cdot 12,6} \cdot \left(\frac{0,4}{10,5}\right)^2 = 6,98 \text{ МОм}$$

Определяем сопротивление трансформатора:

$$S_{ном} = 630 \text{ кВА}$$

$$\Delta P_{к3} = 7,6 \text{ кВт}$$

$$U_k = 5,5\%$$

$$r_T = \frac{\Delta P_K}{S_{НОМ Т}} \cdot \frac{U_{НОМ}^2 \cdot 10^6}{S_{НОМ Т}} = \frac{7.6}{630} \cdot \frac{0.4^2}{630} 10^6 = 3.1 \text{ мОм} \quad (3.17)$$

$$x_T = \sqrt{\left(\frac{U_K \%}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P}{S_{НОМ}}\right)^2} \cdot \frac{U_{НОМ}^2}{S_{НОМ Т}} \cdot 10^6 = \sqrt{\left(\frac{5.5}{100}\right)^2 - \left(\frac{7.6}{630}\right)^2} \cdot \frac{0.4^2}{630} \cdot 10^6 = 13.5 \text{ мОм}$$

Суммарное активное сопротивление кроме сопротивлений элементов системы электроснабжения высокого напряжения и трансформатора, должно учитываться переходное сопротивление контактов. Для этой цели в расчет вводим добавочное сопротивление, которое на шинах ТП составляем 15 мОм.

$$r = r_{тр} + r_{доб} = 3.1 + 15 = 18.1 \text{ мОм}$$

$$z_{0.4} = \sqrt{18.1^2 + 13.5^2} = 22.6 \text{ мОм}$$

$$z_{\Sigma} = 6.98 + 22.6 = 29.58 \text{ мОм}$$

Ток КЗ в точке К 2' равен:

$$I_{к 3'} = \frac{U_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot z_{\Sigma}} = \frac{400}{1.73 \cdot 29.58} = 7.8 \text{ кА}$$

Ударный ток в точке К 3:

$I_{уд} = k_{уд} \sqrt{2} I_{к 3'}$ , значение  $k_{уд}$  определяется по кривой  $k_{уд} = f(x/r)$

$$k_{уд} = 1.03$$

$$i_{уд} = 1.03 \cdot 1.41 \cdot 7.8 = 11.9 \text{ кА.}$$

Таблица 3.10 – Расчетные данные по токам КЗ на шинах 0,4 кВ

Точка	$\chi_{\Sigma 10/0.4},$ МОм	$z_{0.4},$ МОм	$z_{\Sigma},$ МОм	$I_k,$ кА	$i_{уд},$ кА
К2'	6.98	22.6	29.58	7.8	11.3
К3'	16.6	22.6	39.2	5.89	8.38
К4'	35.7	22.6	58.3	4	5.7
К5'	5.2	22.6	27.8	8.3	12.05
К6'	12.55	22.6	35.15	6.5	9.4
К7'	28.7	22.6	51.3	4.5	6.4

### 3.5.2 Проверка оборудования на напряжение ниже 1 кВ

Предохранитель предназначен для защиты электрических установок от токов КЗ и перегрузок. Выбор предохранителей производится по условиям:

$$U_{\text{ном пр}} \leq U_{\text{сети}}$$

$$I_{\text{откл ном}} \geq I_{\text{к макс}}$$

$$I_{\text{ном пр}} \geq I_{\text{р макс}}$$

$$I_{\text{вст ном}} \geq I_{\text{р макс}}$$

$U_{\text{сети}}$  - номинальное напряжение сети;

$I_{\text{к макс}}$  - максимальный ток КЗ сети;

$I_{\text{р макс}}$  - максимальный рабочий ток сети.

Трансформаторная подстанция №1.

Коттедж

ВРУ-1

$$I_{\text{р}} = 213.8 \text{ А}$$

$$I_{\text{к}} = 7,8 \text{ кА}$$

Выбираем предохранитель типа ПН-2-250 (насыпной разборный). Технические данные:



$$U_{\text{НОМ}}=380, \text{ В}$$

$$I_{\text{НОМ пр}}=250 \text{ А}$$

$$I_{\text{НОМ. пл. вст.}}=80,100,120,150,200,250 \text{ А.}$$

$$I_{\text{отк ном}}=40 \text{ кА}$$

1.  $U_{\text{НОМ пр}} \leq U_{\text{сети}} \quad 380 \text{ В} = 380 \text{ В}$
2.  $I_{\text{откл ном}} \geq I_{\text{к макс}} \quad 40 \text{ кА} > 7,8 \text{ кА}$
3.  $I_{\text{НОМ пр}} \geq I_{\text{р макс}} \quad 250 \text{ А} > 213,8 \text{ А}$
4.  $I_{\text{вст ном}} \geq I_{\text{р макс}} \quad 250 \text{ А} > 213,8 \text{ А}$

Таблица 3.11 – Условия проверки выключателей ВА08-0403 и А3724 Б

Условие проверки	ВА08-0403	А3724 Б
1. По номинальному напряжению: $U_{\text{НОМ}} \leq U_{\text{уст}}$	$U_{\text{НОМ}} = U_{\text{уст}}$ $380 = 380$	$U_{\text{НОМ}} = 380 \text{ В}$ $380 = 380$
2. По номинальному длительному току $I_{\text{НОМ}} \geq I_{\text{раб}}$	$I_{\text{НОМ}} = 600 \text{ А}$ $I_{\text{НОМ}} \geq I_{\text{раб}}$ , выполняется	$I_{\text{НОМ}} = 800 \text{ А}$ $I_{\text{НОМ}} \geq I_{\text{раб}}$ , выполняется
3. Проверка на электродинамическую стойкость $I_{\text{пред}} \geq I_{\text{к.з.}}$	$I_{\text{пред.}} = 25 \text{ кА}$ $I_{\text{пред}} \geq I_{\text{к.}}$ выполняется	$I_{\text{пред.}} = 25 \text{ кА}$ $I_{\text{пред}} \geq I_{\text{к.з}}$ выполняется
4. По отключающей способности $I_{\text{откл}} \geq I_{\text{к.з.}}$	$I_{\text{откл}} \geq I_{\text{к.з.}}$ выполняется	$I_{\text{откл}} \geq I_{\text{к.з.}}$ выполняется

Условия проверки для автоматических выключателей ВА08-0403 и А3724Б выполняются.

### 3.5.3 Проверка условий срабатывания защитного аппарата при однофазном замыкании в сети напряжением до 1кВ

В электрических сетях до 1 кВ с глухим заземлением нейтрали при коротком однофазном замыкании защитные аппараты должны надёжно обеспечивать отключение[11].

Для наиболее удаленных электроприёмников (мощность 15 кВт) рекомендуется осуществлять выборочную проверку расчетом сопротивления цепи фаза-нуль.

В сетях напряжением до 1000В с глухозаземленной нейтралью, для проверки обеспечения отключения замыкания между фазным и нулевым проводами ток однофазного короткого замыкания определяем по формуле [11]:

$$I_k = \frac{U_\phi}{z_n + \frac{z_T}{3}}, \quad (3.18)$$

где  $U_\phi$ - фазное напряжение сети,В

$z_T$  –полное сопротивление понижающего трансформатора в режиме однофазного КЗ на корпус, Ом

$z_n$  –полное сопротивление петли фаза-нуль линии до наиболее удаленной точки сети ,Ом

$$z_n = \sqrt{R_n^2 + x_n^2}, \quad (3.19)$$

где  $R_n$ -активное сопротивление фазного и нулевого проводов ,Ом

$$R_n = R_\phi + R_0 ;$$

$x_n$  -индуктивное сопротивление петли жил провода.

Надежное отключение защитным аппаратом однофазного КЗ будет обеспечено при условии:

$$k_3 \cdot I_3 \leq I_k, \quad (3.20)$$

где  $k_3$ - допустимая кратность минимального тока КЗ по отношению к номинальному току плавкой вставки предохранителя;

$I_3$ -уставка защитного аппарата ,А

$I_k$ -ток однофазного замыкания на землю ,А

ТПН№1 1×400 кВА

Номинальное фазное напряжение  $U_n=220$ , В

По формуле (3.18) рассчитаем ток однофазного короткого замыкания:

$$I_k = \frac{220}{1,08 + \frac{0,129}{3}} = 377,4, А$$

$$k_3=3$$

$I_{пл.встав}=350$ , А Предохранитель ПН-2-100

$$3 \cdot 50=150$$

$150 < 196$  ,что свидетельствует об обеспечении надежного действия защищаемого линию аппарата.

*Вводно-распределительные устройства серии ВРУ8М*

Устройства серии ВРУ8М предназначены для приема, распределения и учета электрической энергии напряжением 380/220В и ток до 400А

переменного тока частотой 50Гц. Они обеспечивают учет электроэнергии в однофазных и трехфазных сетях, распределение и защиту от перегрузок и коротких замыканий каждого фидера, защиту от токов утечки на землю в случае использования УЗО, что позволяет предотвратить возникновение пожаров в связи с неисправностью в электропроводке и защиту людей от поражения электрическим током. Устройства серии ВРУ8М предназначены для установки в производственных, общественных и жилых зданиях. Конструкция предотвращает несанкционированный доступ к расчетным приборам и цепям учета электрической энергии. Для этой цели предусмотрена разделительная перегородка между вводной/учетной частью и распределительной, а также отдельные оперативные панели с элементами для опломбирования вводной/учетной части, что также позволяет обслуживать распределительный блок без вскрытия пломб с вводного/учетного блока.

Характеристики:

Класс (тип оболочки)- металлический шкаф.

Тип вводного аппарата- автоматический выключатель.

Функциональное назначение- вводно-распределительное устройство с учетом электрической энергии.

Исполнение- встроенное.

Номинальное напряжение: 380/ 220В

Номинальный ток: До 400А

Максимальное сечение жил провода: 240мм<sup>2</sup>

### **3.6 Оценка качества напряжения в сети**

Согласно [21] отклонение напряжения на зажимах электроприемников должно быть не более  $\pm 5\%$ , а в отдельных случаях допускается до  $\pm 10\%$ . Снижение напряжения у наиболее удаленных ламп должно быть, как правило, не более 2,5% номинального напряжения ламп, а у наиболее удаленных светильников в жилых зданиях, в сети аварийного и наружного освещения

допускается большая потеря напряжения, но не более 5%. Наибольшее напряжение на лампах не должно превышать 5% от номинального напряжения ламп.

В связи с этим каждый участок электрической сети должен быть проверен на потерю напряжения, причем в случае больших расстояний от энергоприемника до источника этот расчет является определяющим.

Определим отклонение напряжения от РП до ТП№1 самой удаленной подстанции. Проанализируем отклонение напряжение в максимальном, минимальном.

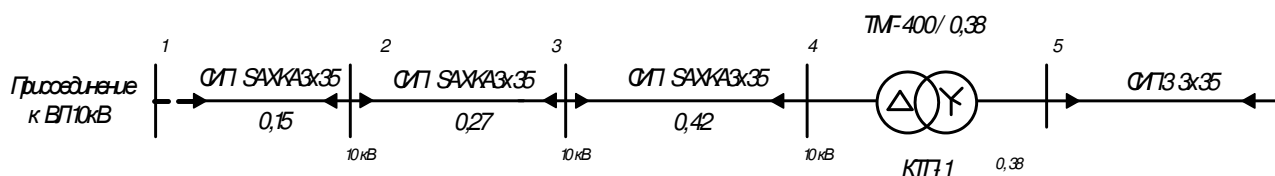


Рисунок 3.3 – Участок место присоединения - ТП№1

### 3.6.1 Максимальный режим

$$U_{НОМ}=10,5 \text{ кВ}$$

$$U_b = U_{НОМ} - \Delta U_{\text{вл a-b}} \tag{3.21}$$

где  $U_{НОМ}$ - номинальное напряжение

$U_{\text{вл a-b}}$  –падение напряжения на участке

$$\Delta U_{\text{вл 12}} = 14 \text{ В}$$

$$U_2 = 10500 - 14 = 10486, \text{ В}$$

$$\Delta V_{ab} = \left( \frac{V_b - V_{НОМ}}{V_{НОМ}} \right) \cdot 100\%, \tag{3.22}$$

$V_b$ -напряжение на шине с учетом потерь в ВЛ

$V_{ном}$ - номинальное напряжение сети

$$\Delta V_{12} = \left( \frac{10486 - 10000}{10000} \right) \cdot 100\% = 4,86\%$$

$$U_3 = U_2 - \Delta U_{23}$$

$$\Delta U_{23} = 18\text{В}$$

$$U_3 = 10486 - 18 = 10468, \text{ В}$$

$$\Delta V_{23} = \left( \frac{10468 - 10000}{10000} \right) \cdot 100\% = 4,68\%$$

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{34}$$

$$\Delta U_{34} = 19\text{В}$$

$$U_4 = 10468 - 19 = 10449, \text{ В}$$

$$\Delta V_{34} = \left( \frac{10449 - 10000}{10000} \right) \cdot 100\% = 4,68\%$$

$$\Delta U_{тр} = \delta (U_a \cos\varphi + U_p \sin\varphi); \quad (3.23)$$

$$\delta = \frac{S_{расч}}{n \cdot S_H} = \frac{319,9}{1 \cdot 400} = 0,799 \quad (3.24)$$

$$U_a = \frac{P_K}{10 S_H} = \frac{5500}{10 \cdot 400} = 1,375; \quad (3.25)$$

$$U_p = \sqrt{U_{\kappa 3}^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,375^2} = 5,33 \text{ В} \quad (3.26)$$

$$\Delta U_{\text{тп}} = 0,799 \cdot (1,375 \cdot 0,98 + 5,33 \cdot 0,2) = 1,9\% \Rightarrow 11,1 \text{ В}$$

$$U'_4 = U_4 \cdot k_{\text{т}} = 10449 \cdot 0,4 / 10 = 417,9 \text{ В} \quad (3.27)$$

$$U_5 = U'_4 - \Delta U_{\text{тп}} = 417,9 - 11,1 = 406,8 \text{ В}$$

$$\Delta V_{45} = \left( \frac{406,8 - 400}{400} \right) \cdot 100\% = 1,71\%$$

Потери  $\Delta U_{56}$  уже известна из предыдущих расчетов

$$\Delta U_{56} = 6,2 \text{ В}$$

$$U_6 = U_5 - \Delta U_{56} = 406,8 - 6,2 = 400,6 \text{ В}$$

$$\Delta V_6 = \left( \frac{400,6 - 400}{400} \right) \cdot 100\% = 0,15\%$$

Строим эпюру отклонения напряжения:

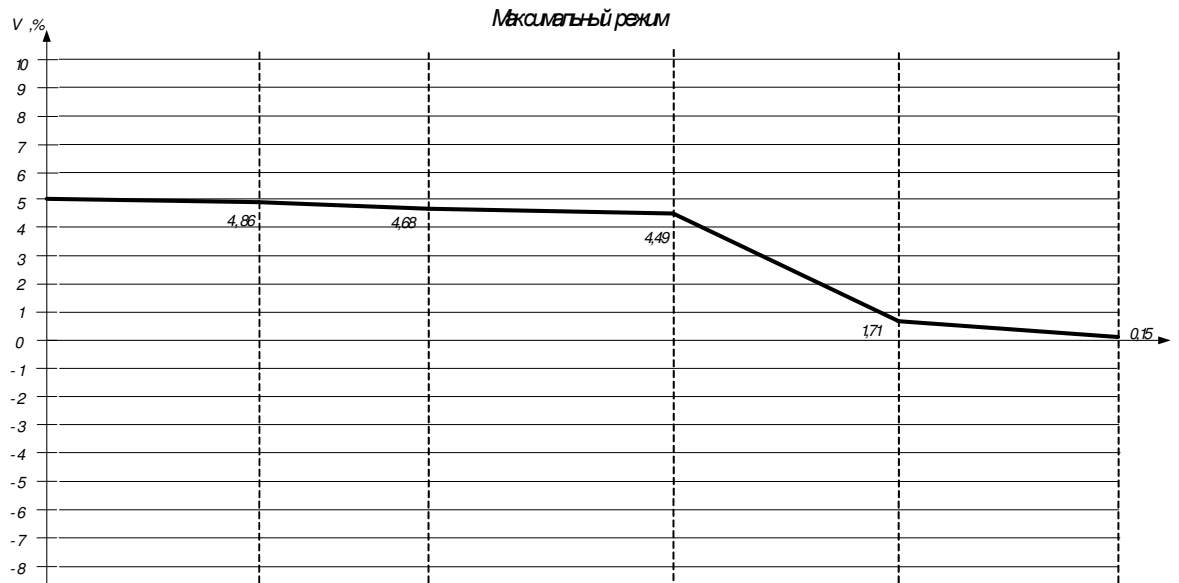
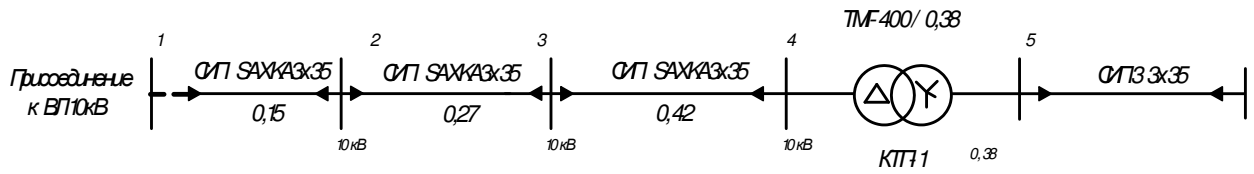


Рисунок 3.4 – Эпюра отклонения напряжения в максимальном режиме.

По допустимому отклонению напряжения - 5% в максимальном режим система проходит.

### 3.6.2 Минимальный режим

$$U_{\text{НОМ}} = 10 \text{ кВ} \quad \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{min}}} = 0.6$$

$$\Delta U_{\text{ВЛ 1-2}} = 14 \cdot 0.6 = 8,4 \text{ В}$$

$$U_2 = U_{\text{НОМ}} - \Delta U_{\text{ВЛ 1-2}} ;$$

$$U_2 = 10000 - 8,4 = 9991,6 \text{ В}$$

$$\Delta V_{12} = \left( \frac{9991,6 - 10000}{10000} \right) \cdot 100\% = -0,084\%$$



$$U_3 = U_2 - \Delta U_{23}$$

$$\Delta U_{23} = 18 \cdot 0,6 = 10,8 \text{ B}$$

$$U_3 = 9991,6 - 10,8 = 9980,8, \text{ B}$$

$$\Delta V_{23} = \left( \frac{9980,8 - 10000}{10000} \right) \cdot 100\% = -0,192\%$$

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{34}$$

$$\Delta U_{34} = 19 \cdot 0,6 = 11,4, \text{ B}$$

$$U_4 = 9980,8 - 11,4 = 9969,4, \text{ B}$$

$$\Delta V_{34} = \left( \frac{9969,4 - 10000}{10000} \right) \cdot 100\% = -0,3\%$$

$$\Delta U_{\text{TP}} = \delta (U_a \cos \varphi + U_p \sin \varphi) ;$$

$$\delta = \frac{S_{\text{расч}}}{n \cdot S_H} = 0,799$$

$$U_a = \frac{P_{\kappa}}{10 S_H} = \frac{5500}{10 \cdot 400} = 1,375;$$

$$U_p = \sqrt{U_{\kappa 3}^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,375^2} = 5,33 \text{ B}$$

$$\Delta U_{\text{TP}} = 0,799 \cdot (1,375 \cdot 0,98 + 5,33 \cdot 0,2) = 1,9\% \Rightarrow 11,1 \text{ B}$$

$$U'_4 = U_4 \cdot k_T = 9969,4 \cdot 0,4 / 10 = 398,8 \text{ B}$$

$$U_5 = U'_4 - \Delta U_{\text{TP}} = 398,8 - 11,1 = 387,7 \text{ В}$$

$$\Delta V_{34} = \left( \frac{392,3 - 400}{400} \right) \cdot 100\% = -1,93\%$$

$$\Delta U_{56} = 6,2 \cdot 0,6 = 3,72 \text{ В}$$

$$U_6 = U_5 - \Delta U_{56} = 392,3 - 3,72 = 388,6 \text{ В}$$

$$\Delta V_6 = \left( \frac{388,6 - 400}{400} \right) \cdot 100\% = -2,8\%$$

Строим эпюру отклонения напряжения:

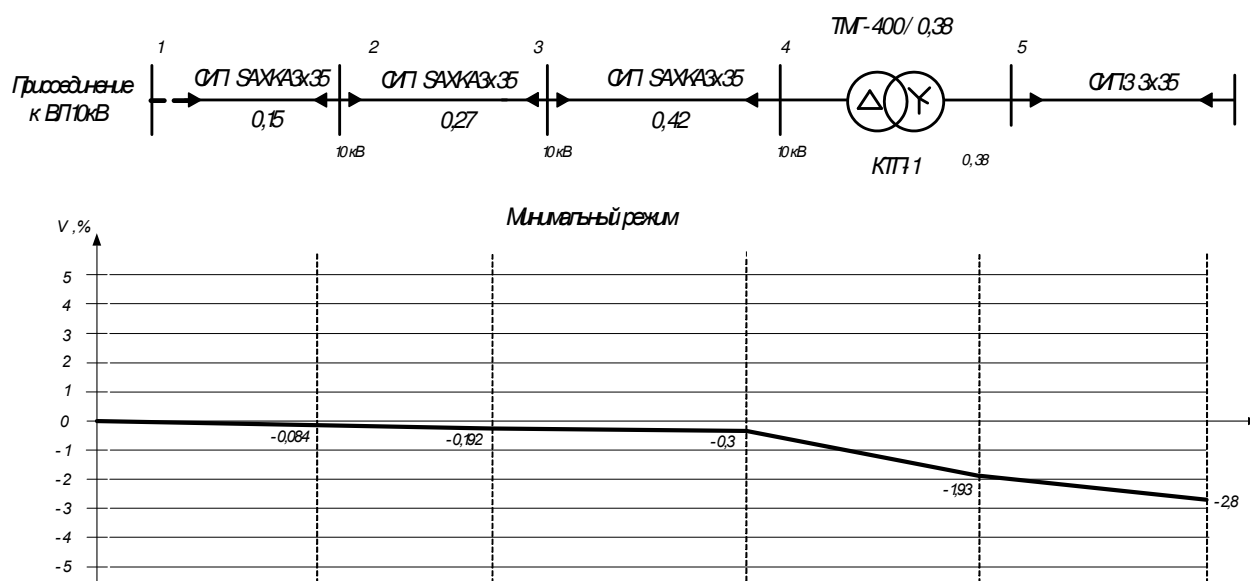


Рисунок 3.5 – Эпюра отклонения напряжения в минимальном режиме.

Отклонение в минимальном режиме не превышает -5%, следовательно, подходит.

### 3.7 Расчет уличного освещения в жилом районе

Проведем светотехнический расчет по периметру района. Внутри района кроме проведенных выше расчетов освещения жилых домов и зданий, спроектируем декоративное освещение аллей.

Проектом предусматривается освещение улиц района светильниками на железобетонных опорах, и аллей на декоративных металлических опорах.

Освещение ул.Центральная:

$$L_y=1300\text{м}$$

$$B_y=7\text{м}$$

$$H=10\text{м}$$

Для освещения выбираем тип ламп – светодиодные LED[4]

Согласно ПУЭ принимаем установку железобетонных опор через расстояние  $l=40$  метров, тогда получаем необходимое число ламп из[4]  
 $N=1300/40\approx 33$

$$\Phi' = \frac{L \cdot k \cdot \pi}{\eta}, \quad (3.28)$$

где  $L$  - нормированная яркость,  $\text{kg}/\text{m}^2$ ;

$k$  - коэффициент запаса,  $k = 1,5$ ;

$\eta$  - коэффициент использования по яркости.

Находится коэффициент использования по яркости  $\eta = 0,035$

$$\Phi' = \frac{0,6 \cdot 1,5 \cdot 3,14}{0,035} \cdot 40 = 3229,7 \frac{\text{Лм}}{\text{м}}$$

Светодиодный светильник для улицы представляет собой целый комплекс приборов, состоящий из: нескольких светодиодов, которые расположены друг от друга на некотором расстоянии; фокусирующих линз, направляющих световой поток в нужную сторону; именно от этой характеристики зависит, каким может быть луч: узким и ярким с дальностью действия до нескольких десятков метров

или рассеянным и широким с дальностью действия до 3 метров; прочного корпуса из алюминия, покрытого защитной краской. Каждый элемент отвечает за определенные характеристики и функции. Выбирая светильник светодиодный уличного освещения, необходимо обращать внимание в первую очередь на интенсивность излучения, сферу использования, цвет потока света, температурный диапазон, способность противостоять физическому воздействию и атмосферным явлениям.

#### Преимущества

Как и у других типов источников света, у светодиодов имеются свои достоинства и недостатки. Рассмотрим положительные качества этих осветительных приборов: прежде всего – это экономия электричества. Осветительные приборы с таким типом ламп потребляют в 1,5-2 раза меньше электроэнергии, чем обычные. Причем по мощности их световой поток можно сравнить с люминесцентными лампами.

#### Долговечность.

При условии правильной эксплуатации их срок службы составляет: при непрерывном использовании до 15 лет, при работе только в ночное время суток — до 25 лет. Прочность и надежность конструкции. Светильник светодиодный уличный влагозащищенный имеет ударопрочный корпус и не подвержен механическим повреждениям. Приборы могут устанавливаться практически во всех климатических условиях при рабочей температуре от -60 до +45 0С. Уличные светодиодные светильники на столбы взрыво- и пожаробезопасны, имеют высокую контрастность света, быстро включаются и бесшумно работают, не мерцают. Лампы являются экологически безопасными, поскольку не содержат ртути и прочих химических примесей. Удобно монтируются.

#### Недостатки

Высокая стоимость таких осветительных приборов. Требуется качественный отвод тепла. Из-за дисфункции электродов светильник может быстро потерять работоспособность. Приборы чувствительны к перепадам напряжения.

## Светодиоды

Уличные светодиодные светильники благодаря надежности конструкции зарекомендовали себя очень хорошо. Имея влагонепроницаемость, прочность корпуса и отсутствие риска воспламенения такие осветительные приборы способны прослужить более десяти лет, а при использовании только в темное время суток — гораздо больше. Исходящий от уличного светодиодного фонаря пучок света может иметь форму эллипса или круга. Круглая диаграмма создает эффект довольно яркого светового пятна. Для получения более равномерного освещения необходимо устанавливать светильник светодиодный уличного освещения со световым лучом в форме эллипса. В зависимости от области применения такие осветительные приборы могут быть наделены различной мощностью. Уличный светильник 60 Вт используется для освещения промышленных территорий, автозаправочных станций, складских терминалов, пешеходных тротуаров, автомобильных стоянок, городских улиц, парков, скверов. Светильник светодиодный уличный 100 Вт подойдет для освещения дорог, улиц и крупных промышленных объектов. Ландшафтные осветительные приборы имеют мощность от 3 до 10 Вт и устанавливаются для подсветки газонов, фонтанов, водоемов, скульптур и нижней части фасадов домов. Световой поток светодиода, как правило, белого цвета с холодным или теплым оттенком. Но выпускаются также и цветные светильники. Применяются они в основном для создания декоративной подсветки.

### Особенности блока питания.

Это основной элемент конструкции. Выбирать подходящий вариант стоит с учетом температурного режима, на котором способен функционировать прожектор. Светильник светодиодный уличного освещения должен переносить большие перепады температур, сильный мороз и жару. Данная характеристика указана в техническом паспорте изделия. Также должна быть защита от скачков напряжения.

### Алюминиевый корпус.

Уличные осветительные приборы постоянно подвергаются воздействиям окружающей среды. Алюминиевый корпус светильников способен противостоять коррозии, оседанию пыли и грязи, а также таким атмосферным явлениям, как перепады температур, снег, дождь, град, ветер. Выпускаются модели, имеющие специальный антивандальный корпус, который изготавливается из прочного и невосприимчивого к механическим ударам материала.

Разновидности.

Уличные светодиодные светильники могут быть в виде фонарей, прожекторов, а также в качестве приборов декоративного освещения улиц (дюралайт, дюрафлекс, линейка и сетка).

Прожектор.

Светодиодные светильники уличные промышленные устанавливаются, как правило, на крупных объектах. Ими освещают территорию возле спорткомплексов, подсвечивают открытые площади, фасады зданий, автостоянки и иные наружные объекты, имеющие большую территорию. Небольшие прожекторы устанавливают на приусадебных участках. Фонари. Большие магистрали и автодороги, как правило, освещают фонарями с рефлекторами, которые позволяют направлять поток света в разные стороны, а также приборами мощностью до 400 Вт. Тротуары, садовые и парковые зоны, скверы, дворы и территории приусадебных участков освещаются уличными светильниками до 150 Ватт.

Светильники дюралайт.

Выглядят они в виде прозрачной пластиковой трубки или ленты с множеством светодиодов внутри. Располагаются они на расстоянии 1,5-27 мм друг от друга. Такие устройства используются для рекламной и архитектурной контурной подсветки, в ландшафтном дизайне для украшения столбов, деревьев и т. д. Соединяются светильники при помощи муфты.

Дюрафлекс.

От других аналогичных устройств такие осветительные приборы отличаются повышенной гибкостью, водонепроницаемостью и легкостью, что значительно упрощает их монтаж и эксплуатацию. Фиксировать можно эти уличные светодиодные светильники на столбы и на любые поверхности. Часто используются как декоративная ландшафтная подсветка.

#### Линейка.

Такой вид светильника выполнен в виде тонкой гибкой пластиковой ленты, имеющей силиконовую оплетку, на которую крепятся в вертикальном положении мощные светодиоды. Среди привлекательных технических характеристик линейки можно выделить ее безопасное низковольтное напряжение (12 В) и продолжительный срок службы. Часто устанавливается в качестве рекламной декоративной подсветки.

#### Сетка.

Устройство выполнено в виде световой сети, у которой в узлах светодиоды. Осветительный прибор очень яркий, удароустойчивый, отличается экономичностью, прост в монтаже. Сетка натягивается между опорами на жесткий каркас для украшения стен сооружения или территории парка. Выпускается множество различных модификаций. Особенности уличных светильников с датчиком движения Фонари, имеющие сенсор движения, позволяют существенно снизить энергозатраты: осветительный прибор загорается только при появлении человека в зоне его действия. Приобретают такие уличные светодиодные светильники для дачи, частных или многоквартирных жилых домов, парковых зон, дворов, для освещения социальных и коммерческих объектов. Основным компонентом датчика движения является линза, от которой во многом зависит качество работы всей конструкции. В одном датчике количество линз может быть до 60 штук, причем чем их больше, тем чувствительность сенсора выше и зона действия шире. Выбирая светильник светодиодный уличного освещения с датчиком движения, нужно принимать во внимание его место установки. Например, это может быть парк, сквер, дорожка и т. д. Также важно учитывать степень защищенности

осветительного прибора, размер, мощность и способ крепления. Датчик движения может быть встроенным или располагаться снаружи, быть частью светильника либо отдельным объектом.

$$\Delta\Phi = \frac{E_n \cdot K \cdot S \cdot F \cdot Z}{N \cdot E_{сп}}, \quad (3.29)$$

где  $E_n$ -10 Лк-норма освещения

$K$ -коэффициент запаса  $K_{зап}=1.5$

$F$ -площадь освещаемой поверхности

$N=33$  - число светильников на улице

$Z=E_{сп}/E_n$ - коэффициент минимальной освещенности

$E_{сп}$ - средняя освещенность

$Z=1,15$  для ламп LED

$$\Delta\Phi = \frac{10 \cdot 1,5 \cdot 380 \cdot 4,2 \cdot 1,15}{33 \cdot 0,34} = 2381,5 \text{ Лм}$$

Выбираем лампу LED -150 мощностью 150Вт с  $\Phi_n=28000$ лм

$$P_{уст} = N \cdot P_{све} \quad (3.30)$$

где  $N$ -число светильников;

$P_{све}$ .-мощность одной лампы.

$$P_{уст.}=33 \cdot 150=4950 \text{ Вт}$$

СНиП 23-05-95 выбранные лампы соответствуют предложенному месту установки.

### **Садово-парковые светильники**

Основное назначение наружного освещения в городских парках и садах заключается в обеспечении безопасности людей. Садово-парковые светильники, расположенные вдоль дорожек, подсказывают направление движения и подчеркивают препятствия и опасные места. Не менее важным аспектом безопасности является предотвращение преступлений. Наряду с практическими



функциями, парковые светильники играют и декоративную роль, в том числе в светлое время суток.

Заливающее освещение прилегающих к дорожкам территорий носит исключительно декоративный характер, подчеркивая привлекательность природы. Уровень освещенности на дорожках зависит от освещения близлежащих зон. Средняя горизонтальная освещенность должна превышать 1 лк. В местах, где имеются неровности или ступеньки, минимальный уровень составляет 5 лк. Простая закономерность размещения парковых светильников (садово-парковых фонарей) выглядит так: чем меньше высота опоры, тем чаще должны устанавливаться садово-парковые светильники(фонари). Кроме этого, расстояние между садово-парковыми фонарями зависит от формы дорожки и имеющихся препятствий для зрения. Освещение деревьев, клумб, фонтанов и прочих природных объектов не регулируется никакими нормами. Установка прожекторов на правильном расстоянии позволяет избежать излишне глубоких теней на освещаемом объекте[4].

Для освещения аллеи принимаем лампы LED установленные на декоративных железных опорах ,на высоте подвеса 5метров.

С помощью программы Light-in-Night Road представим модель участка дороги ;жилого района с применением светодиодных светильников.

На листе 3 графической части выпускной квалификационной работы представлен участок автодороги жилого района. При использовании светодиодных светильников освещенность участка дороги лежит в нормативных пределах. Расстояние между опорами освещения принимаем 25 м.

Яркость светильников при моделировании в программе Light-in-Night Road так же представлена на 3 лите графической части работы.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были получены следующие результаты.

Выполнен обзор литературных источников, на основе изучения которых, построен алгоритм выполнения расчетов.

Спроектирована система электроснабжения жилого района «Ташеба» в границах ул.Школьная и ул.Победы г.Абакана.

Система электроснабжения проектировалась с учетом современным требованиям к системам, таким как надежность, экономичность, безопасность для человека и окружающей среды.

Рассчитаны электрические нагрузки. Из двух схем электроснабжения на основании технико-экономического сравнения выбрана наиболее экономичная схема.

Результатом выполнения работы является разработка схемы электроснабжения потребителей, выполнение анализа электрической сети с учетом привязок к существующей сети, а так же разработка мероприятий по повышению и обеспечению энергоэффективности.

Таким образом, в результате выполнения работы решены все задачи, поставленные перед началом работы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Барыбин, Ю. Г. Справочник по проектированию электроснабжения / под ред. Ю. Г. Барыбина и др. – М.: Техноперспектива, 2011. – 576 с.
2. Веников, В.А. Расчёт токов короткого замыкания в сети внешнего и внутреннего электроснабжения промышленных предприятий: Москва. – Техноперспектива, 2015. – 434 с.
3. Кнорринг, Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения/ под ред. Г.М. Кнорринга. – С.Петербург: Энергия, 2016. – 348с.
4. Козловская, В.Б. Электрическое освещение: Справочник. // В.Б. Козловская, В.Н. Радкевич, В.Н. Сацукевич. – Минск.: Техноперспектива, 2017. – 253 с.
5. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : федер. закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261 – ФЗ.
6. Официальный сайт ПАО «Россети Сибирь»[Электронный ресурс] – Режим доступа: @ [www.rosseti-sib.ru](http://www.rosseti-sib.ru).
7. Платежная дисциплина на розничном рынке электроэнергии / Журнал НП «Совет рынка»// [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ais.np-sr.ru/ratings/R410/>.
8. Постановление Правительства РФ от 03.03.2016 N 161 «О внесении изменений в приложения N 1 и 2 к постановлению Правительства Российской Федерации от 3 июня 2011 г. N 442», 2016. – 164с.
9. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) 7–ое издание. Главы 1.1–1.2, 1.7–1.9, 2.4–2.5, 4.1–4.2, 7.1–7.2, 7.5–7.6, 7.10, раздел 6. – М.: Ростехнадзор, 2020. – 411 с.
10. Приказ ФСТ России от 10.10.2014 N 225–э/1 «О предельных уровнях тарифов на электрическую энергию (мощность) на 2020 год» (Зарегистрировано в Минюсте России 28.10.2017 N 34488) [Электронный ресурс]. Приложение N 4 к приказу Федеральной службы по тарифам от 10 октября 2014 г. N 225-э/1//

Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

11. РД 153-34.0-20.527-98 Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования; дата введ. 23.03.1998. – М.: Издательство МЭИ, 2013. – 131 с.

12. РТМ 36.18.32.4-92 Указания по расчету электрических нагрузок; дата введ. 01.01.1993. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2017. – 27 с.

13. Руководящий технический материал. Проектирование электроустановок. О расчете электрических нагрузок. Указания по расчету электрических нагрузок РТМ 36.18.32.4-92 – Москва 2012 – Режим доступа : <http://tehnorma.ru/normativbase/9/9624/index.htm>.

14. Свод правил по проектированию и строительству СП 31-110 2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий» (одобрен постановлением Госстроя РФ от 26 ноября 2003 г. N 194).

15. Солдаткина, Л.А. Электрические системы и сети. М.: Энергия, 2015. – 216 с.

16. СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий; дата введ. 01.01.2004. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2014. – 65 с.

17. Строительные нормы и правила. Часть II. Нормы проектирования. Глава 12. СНиП II-12-77. – Москва, 2012г. – режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data1/1/1897/>

18. Файбисович, Д.Л. Справочник по проектированию электрических сетей / под редакцией Д.Л. Файбисовича. – Москва: Изд-во НЦЭНАС, 2016. – 320 с.

19. Фёдоров, А.А. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: в 2т./ под общ. ред. А. А. Фёдорова.– Москва : Техноперспектива, 2014. – Т.2. – 592 с.

20. Фёдоров, А.А. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: в 2т./ под общ. ред. А. А. Фёдорова.– Москва : Техноперспектива, 2015. – Т.1. – 568 с.

21. Федоров, А.А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: учеб. пособие для вузов/ А.А. Федоров, Л.Е. Старкова – Москва: Техноперспектива, 2012. – 368 с.

22. Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения: методическое пособие для курсового проектирования. / В. П. Шеховцов. – М.:ФОРУМ: – ИНФРА – М, 2014 – 214 с.: ил.

23. Шубина, Т.Н. Методические указания по выполнению организационно-экономического раздела дипломного проекта для студентов энергетического факультета / Т.Н. Шубина. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 23с.

24. Электрические системы. Т. 2: Электрические сети / под ред. В.А. Веникова. – М.: Высшая школа, 2011. – 440 с.

25. Энергетические системы и сети в примерах и иллюстрациях: учебное пособие для энергетических специальностей / В.В. Ежков, Г.К. Зарудский, Е.Н. Зуев и др.; под ред. В.А. Строева. – М.: Высшая школа, 2019. – 352 с.

Выпускная квалификационная работа выполнена мной самостоятельно. Используемые в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

Отпечатано в   1   экземпляре.

Библиография   25   наименований.

Электронный экземпляр сдан на кафедру.

«      » \_\_\_\_\_  
(дата)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Карнаушенко В.В.  
(ФИО)

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

Электроэнергетика  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
Г.Н. Чистяков  
подпись инициалы, фамилия  
« 30 » 06 2021г.

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
код - наименование направления

Электроснабжение жилого района «Ташеба»  
в границах ул.Школьная и ул.Победы г.Абакана  
тема

Руководитель Н.В. Дулесова «30» 06 2021г. доцент каф. ЭЭ, к.э.н. Н.В. Дулесова  
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник В.В. Карнаушенко «24» 06 2021г. В.В. Карнаушенко  
подпись дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер И.А. Кычакова «28» 06 2021г. И.А. Кычакова  
подпись, дата инициалы, фамилия

Абакан 2021