



## **Аннотация**

Выпускная квалификационная работа нацелена на проектирование системы электроснабжения дачного массива СНТ «Раздолье».

Цель данной работы достигается путем расчета электрических нагрузок всех потребителей (дома, магазин, мастерская, насосы, освещение), выбора необходимого оборудования, выбора схемы заземления, расчетов тока короткого замыкания, экономического анализа.

Выпускная квалификационная работа состоит из 57 страниц, 17 таблиц, 9 рисунков, 2 приложения, 20 использованных источников, включая 5 иностранных источников и 6 листов графической части формата А1.

## **Abstract**

This graduation work is about designing electrical power system for a dacha area.

The graduation work consists of an explanatory note on 57 pages, introduction, including 9 figures, 14 tables, the list of 20 references including 5 foreign sources and 2 appendices, and the graphic part on 6 A1 sheets.

The aim of the work is to provide the dacha area with electricity. At the moment, the power supply system can't cope with the load. Designing a new electrical power system is the solution to this problem.

The graduation work may be divided into several logically connected parts:

- 1 The Characteristic of the object;
- 2 The calculation of electrical loads;
- 3 The equipment for the electrical power system of the dacha area;
- 4 Safety and economic analysis.

In the first paragraph, the object is researched and analysed. This paragraph describes the dacha area and all consumers are listed. The reason why a new power supply system is needed is explained.

The second and third paragraphs are crucial in this graduation work. The second paragraph presents a detailed calculation of the area load. Then in the third paragraph the equipment is chosen for a new system of power supply.

## Содержание

Введение.....	6
1 Характеристика объекта.....	7
1.1 Задачи электроснабжения массива .....	7
1.2 СНТ «Раздолье».....	7
1.3 Выбор насосов .....	10
2 Расчет электрических нагрузок .....	12
2.1 Расчет электрической нагрузки домов дачного массива .....	12
2.2 Расчет электрической нагрузки мастерской.....	13
2.3 Расчет электрических нагрузок освещения мастерской .....	14
2.4 Составление сводной ведомости по мастерской .....	15
2.5 Расчет электрических нагрузок магазина.....	20
2.6 Расчет нагрузки насосов.....	21
2.7 Расчет системы освещения дачного массива .....	22
2.8 общая нагрузка на весь массив .....	24
3 Разработка предложений по электроснабжению дачного массива.....	25
3.1 Выбор трансформатора.....	25
3.2 Расчет токов короткого замыкания .....	26
3.3 Выбор электрической схемы массива.....	38
3.4 Выбор сечения проводов СИП .....	39
3.5 Выбор разъединителя КТП и автоматических выключателей.....	40
3.6 Выбор разрядника .....	44
3.7 Выбор комплектной трансформаторной подстанции .....	45
4 Обеспечение безопасности и экономический анализ.....	46
4.1 Расчет заземления .....	46
4.2 Основы техники безопасности в сетях 10/0,4 кВ.....	51
4.3 Краткие сведения о монтаже силовых трансформаторов.....	52
4.4 Подготовительные работы при монтаже силового трансформатора.....	53
4.5 Экономический расчет по разработке дачного массива .....	53

Заключение .....	55
Список используемых источников.....	56
Приложение А .....	58
Приложение Б.....	60

## Введение

На сегодняшний день наблюдается тенденция выезжать за город. В основном люди уезжают на свои дачи. Поэтому дачные массивы начинают застраивать новыми домами и улицами. Но зачастую уже имеющиеся дачные массивы были построены еще во времена СССР. На таких массивах стоят устаревшие трансформаторы, проводники, которые давно изжили свой срок службы. Наблюдаются частые перебои в электроснабжении.

Целью данной курсовой работы является заново разработать систему электроснабжения дачного массива СНТ «Раздолье» с учетом всех построек, нового освещения, новых насосов. А так же обеспечить возможность дальнейшего развития массива. Так как планируется создание новых улиц, постройка новых домов.

## **1. Характеристика объекта**

### **1.1 Задачи электроснабжения дачного массива**

Задачей бакалаврской работы является разработка системы электроснабжения СНТ «Раздолье», удовлетворяющей возросшим требованиям по мощности и надежности. Для этого, в первую очередь, необходимо учесть все элементы, которые потребляют электричество. Необходимо обеспечить электроэнергией все дома, два насоса, которые качают воду из скважин, магазин и мастерскую, в которой находятся станки для обработки дерева. А так же необходимо спроектировать освещение улиц.

Необходимо произвести расчет нагрузки всех потребителей. Найти их суммарную мощность.

По рассчитанной суммарной мощности, будет выбран силовой трансформатор. Далее будут рассчитаны токи короткого замыкания, что позволит в дальнейшем выбрать коммутационное оборудование. Также нужно выбрать проводники и их сечение.

### **1.2 СНТ «Раздолье»**

СНТ «Раздолье» – это садовое некоммерческое товарищество с. Нижнее Санчелеево.

Дачный массив насчитывает около 700 домов. В добавок к этому на территории массива находится магазин и двухэтажная мастерская, на втором этаже которой расположилось офисное помещение. Так же на территории находятся две скважины, из которых качают воду насосы.

Здание мастерской имеет два этажа. На первом этаже расположились станки для деревообработки:

станок деревообрабатывающий – 2 шт.;

токарный станок – 1 шт.;

сверлильный станок – 1 шт.;

наждачный станок – 1 шт.;

циркулярная пила – 1 шт.

Данная мастерская выполняет небольшие заказы на обработку древесины от жильцов массива. Так же на втором этаже этого здания находится офис управляющего.

Для обеспечения жильцов массива продукцией на территории массива есть магазин в котором находятся 4 вида холодильников.

Так же из-за застройки массива новыми домами появилась необходимость для создания новой скважины, для обеспечения питьевой воды. Появилась необходимость в установке еще одного насоса. Но так как имеющийся насос на уже имеющейся скважине устарел было принято решение о его замене, это говорит о необходимости установки двух новых насосов.

СНТ «Раздолье» разрастается. Строятся новые улицы, новые дома. Большинство жильцов перестроили свои дома и сделали их больше. Появилась мастерская и два новых насоса. А так же некоторые жильцы готовы проводить время на даче почти 8 месяцев. Все это задает большую нагрузку на систему электроснабжения данного массива.

Система электроснабжения, которая существует сейчас, не справляется с нагрузкой. Зачастую происходят перебои с электроэнергией. Стоит устаревший трансформатор, который давно не справляется со всей нагрузкой. Устаревшие проводники часто обрываются. Отсутствует освещения улиц.

Так как старые проводники изготовлены из алюминия и во время зимы, на отключенных улицах, были случаи кражи проводников.

На рисунке 1 представлена карта дачного массива.



Рисунок 1 – Карта дачного массива

На рисунке 2 представлена схема соединений дачного массива, расположение столбов, а так же показано расположение КТП, магазина, мастерской и двух насосов.

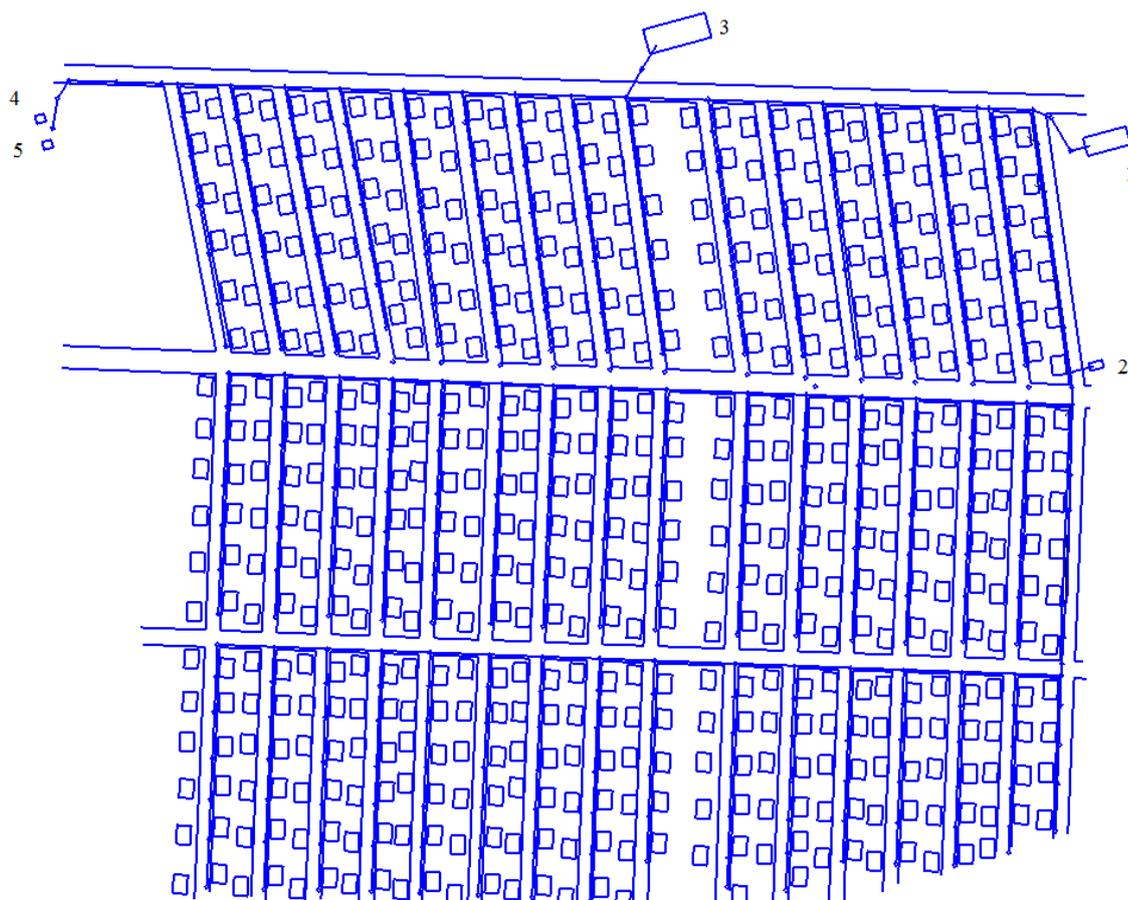


Рисунок 2 – Схема дачного массива.

На рисунке 2 показана схема дачного массива, а так же обозначены места, где расположены:

- 1 – КТП;
- 2 – магазин;
- 3 – мастерская;
- 4,5 – насосы.

### **1.3 Выбор насосов**

Так как на массиве имеются скважины, для поднятия питьевой воды необходимо использовать насосы. Для такого рода деятельности отлично подходят насосы погружного типа.

«Установка погружных насосов в артезианских скважинах определяется особенностью их конструкции: форма, размеры и расположение корпуса насоса должны соответствовать размерам и вертикальному расположению обсадных труб, внутри которых установлены насосы.»[1]

«Погружаемые насосы в рабочем положении расположены полностью ниже уровня жидкой среды. В полупогружных агрегатах в рабочем положении насос расположен в жидкой среде, а двигатель находится над его поверхностью. Устройство состоит из асинхронного электродвигателя и многосекционной центробежной части насоса, соединенной жесткой муфтой. Ротор насоса и ротор электродвигателя вращаются в резино-металлических подшипниках. В нижней части электродвигателя имеется упорный подшипник, воспринимающий осевую нагрузку. В выходной части насоса установлена защитная сетка, которая работает как фильтра, защищающий насос от крупных частиц.

Электродвигатель с короткозамкнутым ротором заполняется водой и вращается синхронной скоростью равной 3000 об / мин. «Белечья клетка» ротора изготовлена из меди. Обмотка статора выполнена из водонепроницаемой проволоки. Двигатель самоохлаждается так как перекачивает воду. Устройство подключается к трехфазной сети 380 В, 50 Гц через станцию управления и защиты, защищая двигатель от работы в нестандартных режимах. Соединение должно быть выполнено с помощью кабеля с поперечным сечением, соответствующего потребляемому току.»[20. с.22]

Для выполнения функции подъема воды из скважины был выбран погружной электронасос центробежный вертикальный ЭЦВ8-25- 110 с диаметром трубы 8 дюймов, подачей воды 25 м<sup>3</sup>/час и напором 110 м.

## 2. Расчет электрических нагрузок дачного массива

### 2.1 Расчет электрической нагрузки домов дачного массива

На данном массиве расположено 700 домов с газовыми плитами.

Исходя из нормативного документа РД 34.20.185 – 94 берем, что потребление каждого дома составляет 2 кВт.

«Найдем суммарную мощность всех домов по формуле:

$$P_{\text{сумм}} = P \cdot N \quad (1)$$

где:  $P$  – это мощность одного дома;

$N$  – количество домов на массиве.»[4. с.20]

$$P_{\text{сумм}} = P \cdot N = 2 \cdot 700 = 1400 \text{ кВт.}$$

Из нормативного документа РМ – 2696 берем значения коэффициента использования равный 0,7 и  $\text{tg}\varphi = 0,6$ .

Расчет суммарной активной и суммарной реактивной мощности по формулам:

$$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} \cdot P_{\text{сумм}} \quad (2)$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi \quad (3)$$

На примере домов дачного массива рассчитаем  $P_{\text{см}}$  и  $Q_{\text{см}}$ :

$$P_{\text{см}} = 0,7 \cdot 1400 = 980 \text{ кВт,}$$

$$Q_{\text{см}} = 980 \cdot 0,6 = 588 \text{ квар.}$$

Полная мощность рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{см}\Sigma} = \sqrt{P_{\text{см}}^2 + Q_{\text{см}}^2} \quad (4)$$

Рассчитаем полную мощность домов массива:

$$S_{\text{см}\Sigma} = \sqrt{980^2 + 588^2} = 1142,87 \text{ кВА.}$$

## 2.2 Расчет электрической нагрузки мастерской

На территории массива находится двухэтажное здание. На 1 этаже располагается мастерская с 5 станками и циркулярной пилой. На втором этаже располагается офис. В данном здании выполняются заказы жильцов данного массива. В основном в мастерской ведутся работы с древесиной, обрабатывание, распилка досок, сверление отверстий для болтов и так далее.

Размеры мастерской составляют 10 метров в длину и 6 метров в ширину. Здание мастерской двухэтажное. Высота первого этажа 3,5 метра. Высота второго этажа 3 метра.

Основное оборудование мастерской представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Основное оборудование мастерской

№	Наименование	Количество	Мощность кВт	Cosφ	Ки	tgφ
1	Станок деревообрабатывающий	2	2	0,6	0,6	1,73
2	Токарный станок	1	3	0,4	0,2	1,33
3	Сверлильный станок	1	2,2	0,5	0,2	1,4
4	Наждачный станок	1	1,5	0,6	0,2	1,3
5	Циркулярная пила	1	5	0,55	0,5	1,63

### 2.3 Расчет электрических нагрузок освещения мастерской

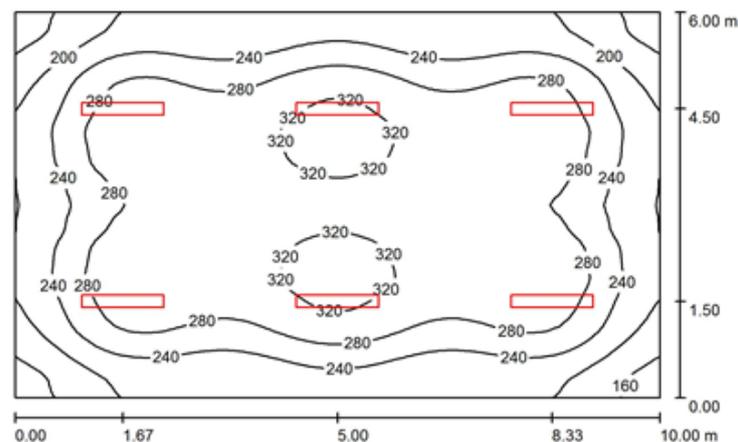
Расчет осветительной нагрузки токарного цеха произведен в программной среде DIALux. Для освещения рабочей части мастерской и офиса были выбраны светильники LIGHTINGTECHNOLOGIES 106500140 ALS.OPL 235 мощностью 70 Вт и LIGHTINGTECHNOLOGIES 1083000030 ATF/R 414HF мощностью 56 Вт

Сводная ведомость расчета осветительной нагрузки представлена в таблице 2. Пример расчета освещенности в программной среде DIALux представлен на рисунке 3.

Таблица 2– Сводная ведомость осветительной нагрузки мастерской

Помещение	S, м <sup>2</sup>	h, м	P <sub>н</sub> , кВт	Кол-во	P <sub>н</sub> Σ, кВт	Еср.р., Лк	Еср.норм., Лк
Мастерская	60	3,5	0,7	6	4,2	258	200
Офисное помещение	60	3	0,56	4	2,24	222	200
Всего:	120			10	6,44		

Светильник LIGHTINGTECHNOLOGIES 106500140 ALS.OPL 235 применяется для освещения мастерской, а для освещения офисного помещения применяется светильник LIGHTINGTECHNOLOGIES 1083000030 ATF/R 414HF



Высота помещения: 3.500 m, Монтажная высота: 3.500 m, Значения в Лкx, Масштаб 1:78  
 Коэффициент эксплуатации: 0.80

Поверхность	$\rho$ [%]	$E_{ср}$ [лк]	$E_{min}$ [лк]	$E_{max}$ [лк]	$E_{min} / E_{ср}$
Рабочая плоскость	/	264	145	341	0.548
Полы	20	232	137	294	0.590
Потолок	70	59	43	78	0.729
Стенки (4)	50	137	56	226	/

Рабочая плоскость:  
 Высота: 0.850 m  
 Растр: 64 x 64 Точки  
 Кривая зона: 0.000 m

**Ведомость светильников**

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	$\Phi$ (Светильник) [lm]	$\Phi$ (Лампы) [lm]	P [W]
1	6	LIGHTINGTECHNOLOGIES 1076000030 ALS.PRS UNI LED 1200 4000K (1.000)	4153	4153	38.0
Всего:			24918	24918	228.0

Удельная подсоединенная мощность: 3.80 W/m<sup>2</sup> = 1.44 W/m<sup>2</sup>/100 лк (Поверхность основания: 60.00 м<sup>2</sup>)

Рисунок 3 – Пример расчета освещения в DIALux

## 2.4 Составление сводной ведомости по мастерской

Сводная ведомость нагрузок по мастерской представлена в таблице 3.

Расчет параметров. Приведенных в сводной ведомости рассмотрен на примере деревообрабатывающего станка.

«Рассчитаем среднюю активную и среднюю реактивную мощность по формулам:

$$P_{см} = K_{и} \cdot P_{н} \quad (5)$$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot tg\varphi \quad (6)$$

где:  $K_{и}$  – это коэффициент использования равный 0,2;

$P_H$  – мощность.»[4.с.15].

Рассчитаем  $P_{CM}$ :

$$P_{CM} = 0,2 \cdot 4 = 0,8 \text{ кВт}$$

Рассчитаем  $Q_{CM}$ :

$$Q_{CM} = 1,2 \cdot 1,73 = 4,2 \text{ квар,}$$

Полная мощность рассчитывается по формуле:

$$S_{CM\Sigma} = \sqrt{P_{CM}^2 + Q_{CM}^2} \quad (7)$$

$$S_{CM\Sigma} = \sqrt{4,14 + 10,12^2} = 10,93 \text{ кВА}$$

Найдем общие параметры для мастерской по формулам:

$$K_{и.ср} = \frac{P_{CM\Sigma}}{P_{H\Sigma}} \quad (8)$$

$$\cos\varphi = \frac{P_{CM\Sigma}}{S_{CM\Sigma}} \quad (9)$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{Q_{CM\Sigma}}{P_{CM\Sigma}} \quad (10)$$

Рассчитаем на примере мастерской  $K_{и.ср}$ ,  $\cos\varphi$ ,  $\operatorname{tg}\varphi$ :

$$K_{и.ср} = \frac{4,14}{15,7} = 0,26$$

$$\cos\varphi = \frac{4,14}{10,93} = 0,11$$

$$tg\varphi = \frac{10,12}{4,14} = 2,4$$

«Показатель силовой сборки в группе  $m$  определяется по формуле:

$$m = \frac{P_{н.нб}}{P_{н.нм}}, \quad (11)$$

где:  $P_{н.нб}$  – наибольшая номинальная мощность электроприемника данного узла;

$P_{н.нм}$  – наименьшая номинальная мощность электроприемника данного узла.» [4.с.17].

Для мастерской выполним расчет  $m$ :

$$m = \frac{5}{1,5} = 3,34$$

$$m > 3$$

$$n_э = F(n, m, K_{и.ср}, P_n) = F(6, >3, 0,4, \text{переменная})$$

Определяем эффективное число электроприемников  $n_э$  по формуле:

$$n_э = \frac{2 \cdot \sum_1^6 P_n}{P_{н.наиб}}$$

Рассчитаем  $n_э$ :

$$n_э = \frac{2 \cdot \sum_1^6 P_n}{5} = 6,28.$$

Рассчитаем коэффициент максимума нагрузки:

$$K_M = F(K_{и.ср.}; n_э) = F(0,4; 6,76) = 1,66,$$

где:  $K_M$  – коэффициент максимума активной нагрузки, отн.ед.;  $\cos\varphi$  – коэффициент мощности, отн.ед.

Так как эффективное число электроприемников  $n_э < 10$ , выбираем коэффициент максимума реактивной загрузки  $K'_M = 1,1$

«Находим максимальную активную и реактивную по формулам:

$$P_M = K_M \cdot P_{сМ} \quad (12)$$

$$Q_M = K'_M \cdot Q_{сМ} \quad (13)$$

где:  $K'_M$  – коэффициент максимума реактивной нагрузки.»[4.с.19].

Рассчитаем на примере мастерской  $P_M$  и  $Q_M$ :

$$P_M = 1,66 \cdot 4,14 = 6,87 \text{ кВт}$$

$$Q_M = 1,1 \cdot 10,12 = 11,13 \text{ квар}$$

Найдем максимальную полную мощность по формуле:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} \quad (14)$$

$$S_M = \sqrt{6,87^2 + 11,13^2} = 13,08 \text{ кВА.}$$

Составим сводную ведомость нагрузок по мастерской. Также изобразим план мастерской на рисунке 4

Таблица 3 – Сводная ведомость нагрузок по мастерской

Сводная ведомость нагрузок по цеху																	
Наименование РУ и электро- приемников	Нагрузка установленная							Нагрузка средняя за смену						Нагрузка максимальная			
	$P_{н\cdot}$ кВт	n	$P_{н\Sigma}$ кВт	$K_{и}$	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	m	$P_{с\text{м}\cdot}$ кВт	$Q_{с\text{м}\cdot}$ квар	$S_{с\text{м}\cdot}$ кВА	$n_{\cdot}$	$K_{\text{м}}$	$K'_{\text{м}}$	$P_{\text{м}\cdot}$ кВт	$Q_{\text{м}\cdot}$ квар	$S_{\text{м}\cdot}$ кВА	$I_{\text{м}\cdot}$ А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Рабочее помещение																	
Станок деревообрабаты- вающий	2	2	4	0,2	0,6	1,73		0,8	4,2								
Токарный станок	3	1	3	0,2	0,4	1,33		0,6	0,8								
Сверлильный станок	2,2	1	2,2	0,2	0,5	1,4		0,44	0,62								
Наждачный станок	1,5	1	1,5	0,2	0,6	1,3		0,3	0,4								
Циркулярная пила	5	1	5	0,4	0,55	1,63		2	4,1								
Всего по рабочему по- мещению	-	6	15,7				>3	4,14	10,12	11,89	6,28	1,66	1,1	6,87	11,13	13,08	23,11
ЩО																	
ОУ с СЛ	-	-	6,44	0,89	0,95	0,33	-	5,73	1,89	6,03	-	-	-	5,73	1,89	6,03	24,79
Всего на мастерской								11,94	12,01	17,92	-	-	-	16,09	13,02	19,11	-

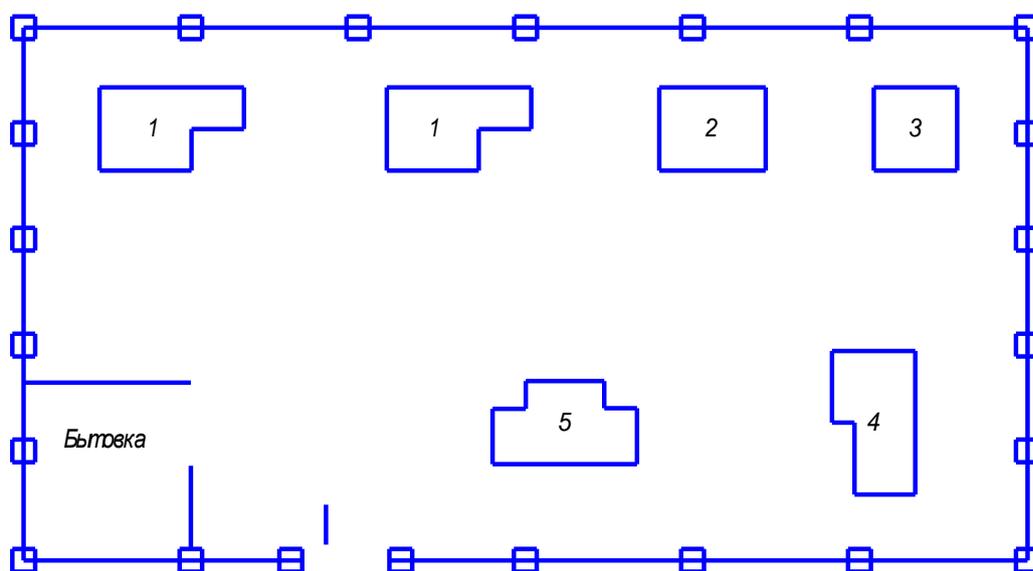


Рисунок 4 – План мастерской

## 2.5 Расчет электрической нагрузки магазина

Основное оборудование магазина представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Основное оборудование магазина

№	Наименование	Количество	Мощность кВт	Cosφ	Kи	tgφ
1	Холодильник Бирюса – 355 Н/НШБ	1	3,4	0,5	0,4	1,6
2	Холодильник Бирюса – 290Е	1	2,2	0,53	0,4	1,3
3	Холодильник Илеть ВХС – 1,8	1	3,1	0,6	0,4	1,5
4	Холодильник Kopov LC – 700	1	2,8	0,5	0,4	1,4

Расчет освещения магазина выполняется так же как и для мастерской.

Результаты расчета освещения представлены в таблице 5.

Таблица 5– Сводная ведомость осветительной нагрузки токарного цеха

Помещение	S, м <sup>2</sup>	h, м	P <sub>н</sub> , кВт	Кол-во	P <sub>нΣ</sub> , кВт	Еср.р., Лк	Еср.норм., Лк
Магазин	20	3	0,7	4	2,8	218	200

Расчет и составление сводной ведомости выполняется так же как и для мастерской.

Результаты расчетов в сводной ведомости представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Сводная ведомость нагрузок по магазину

Сводная ведомость нагрузок по цеху																	
Наименование РУ и электроприемников	Нагрузка установленная							Нагрузка средняя за смену						Нагрузка максимальная			
	P <sub>н</sub> , кВт	n	P <sub>нΣ</sub> , кВт	K <sub>и</sub>	cosφ	tgφ	m	P <sub>см</sub> , кВт	Q <sub>см</sub> , квар	S <sub>см</sub> , кВА	n <sub>э</sub>	K <sub>м</sub>	K' <sub>м</sub>	P <sub>м</sub> , кВт	Q <sub>м</sub> , квар	S <sub>м</sub> , кВА	I <sub>м</sub> , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Рабочее помещение																	
Холодильник Бирюса – 355 Н/НШБ	3,4	1	3,4	0,4	0,5	1,6		1,36	2,18								
Холодильник Бирюса – 290Е	2,2	1	2,2	0,4	0,53	1,3		0,88	1,14								
Холодильник Илеть ВХС – 1,8	3,1	1	3,1	0,4	0,6	1,5		1,24	1,86								

Продолжение таблицы 6

Холодильник Копов LC – 700	2,8	1	2,8	0,4	0,5	1,4		1,12	1,57									
Всего по помещению	-	4					<3	4,6	6,75	8,17	6,76	1,58	1,1	7,26	7,43	10,38	27,24	
ЩО																		
ОУ с СЛ	-	-	2,8	0,89	0,95	0,33	-	2,5	0,83	2,63	-	-	-	2,5	0,83	2,63	24,79	
Всего на магазин								7,1	7,58	10,8	-	-	-	9,76	8,26	13,01	-	

## 2.6 Расчет нагрузки насосов

На территории данного дачного массива имеются 2 скважены, которые снабжают водой весь массив и все поливные системы.

Исходя из данного типа скважин и тому и необходимости обеспечения водой всего массива, можно сделать вывод, что требуются мощные погружные насосы.

Характеристики погружных насосов ЭЦВ8-25- 110 представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристики погружных насосов

Наименование	Подача м <sup>2</sup> /ч	Напор м	Мощность кВт	Диаметр мм	Масса кг	cosφ
ЭЦВ8-25- 110	25	110	11,0	200	90	0,6

Данный тип насосов предназначен для для подъема питьевой воды из артезианских скважин общей минерализацией (сухой остаток) не более 1500 мг/л, с водородным показателем (рН) 6,5-9,5, с температурой 25°С и с массовой долей твёрдых механических примесей не более 0,01%; содержанием хлоридов не более 350 мг/л, сульфатов не более 500 мг/л, сероводорода не более 1,5 мг/л.

Найдем полную мощность двух насосов ЭЦВ8-25- 110 по формуле:

$$S_{\text{насосы}} = \frac{P_{\text{н}}}{\cos\varphi} \quad (15)$$

где:  $\cos\varphi$  – коэффициент мощности насосов равный 0,6.

Рассчитаем  $S_{\text{насосы}}$ :

$$S_{\text{насосы}} = \frac{P_{\text{н}}}{\cos\varphi} = \frac{22}{0,6} = 36,7 \text{ кВА.}$$

## 2.7 Расчет системы освещения дачного массива

На территории дачного массива необходимо осуществить освещение перекрестков улиц. Для того чтобы не нарушать комфорт людей в ночное время на протяжении всей улиц фонари устанавливаться не будет. Освещаться будет только начало и конец улицы.

На один перекресток можно поставить 1 светильник. Так как проезды маленькие. В итоге по общим подсчетам для освещения массива необходимо 157 светильников.

Для освещения массива выбирается натриевая газоразрядная лампа мощностью 250 Вт ДНаТ 250.

Широкое применение ДНаТ 250 подтверждается тем, что эти лампы как правило используют для уличного освещения, для освещение туннелей, магистралей, вокзалов, аэродромов. Их популярность в основном зависит от того что ДНаТ один из наиболее экономичных источников света. Так же данные лампы используются в теплицах и так далее.

Конструкция Дуговой Натриевой Лампы представляет собой цилиндрическую разрядную трубку «горелка» из чистой окиси алюминия. Сама трубка заполнена смесью из паров ртути и натрия, так же присутствует зажигающий газ ксенон. При работе лампы в горелке горит разряд (дуга) создаваемая в парах

внутри колбы. Как правило лампа излучает свет с золотисто-белым или оранжево-желтым оттенком.

Подключение ДНаТ осуществляется через пускорегулирующий аппарат и импульсно-зажигающее устройство.

Изображение горелки ДНаТ и светильника в сборе показано на рисунка 5 и 6.



Рисунок 5 – Горелка ДНаТ

Параметры светильника ДНаТ 250 представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Параметры светильника ДНаТ 250

Параметры	Лампа ДНаТ 240
Напряжение на лампе, В	100
Световой поток, Лм	28000
Срок службы, ч	20000
Длина, мм	250
Диаметр, мм	48
Тип цоколя	E40



Рисунок 6 – ДНаТ 250

Расчет освещения дачного массива

«По формуле найдем суммарную мощность для светильников ДНаТ 250:

$$S_{\text{сумм осв.}} = P \cdot n, \quad (16)$$

$$S_{\text{сумм осв.}} = 250 \cdot 157 = 39250 \text{ Вт} = 39,25 \text{ кВт.}$$

где:

P – это мощность одного светильника;

n – количество светильников.»[5.с.20]

## 2.8 Общая нагрузка на весь массив

Общая нагрузка по отдельным потребителям и общая суммарная нагрузка представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Общая нагрузка на весь массив

Наименование нагрузки	S кВА
Дома	1142,87
Насосы	36,7
Магазин	39,25
Освещение	13,01
$S_{\Sigma}$	1231,83

### 3 Разработка предложений по электроснабжению дачного массива

#### 3.1 Выбор трансформатора

Мощность трансформатора подберем по следующей формуле:

$$S_T = 0,7 \cdot S_{\Sigma}, \quad (17)$$

$$S_T = 0,7 \cdot 1231,83 = 862,28 \text{ кВА}$$

Для того чтобы трансформатор (или несколько трансформаторов) обеспечивал достаточной электроэнергией, его мощность должна превышать 862,28 кВА.

Расчетная мощность трансформатора должна быть не меньше полной расчетной нагрузки на стороне ВН:

$$S_T \geq S_{M \text{ ВН}} = 862,28 \text{ кВА}$$

Дачный массив является III категорией надежности. И для обеспечения массива электроэнергией достаточно поставить один силовой трансформатор.

Выбираем трансформатор ТМГ 1000/10/0,4 – У1.

$$R_T = 5,6 \text{ мОм}; \quad \Delta P_{XX} = 0,950 \text{ кВт}$$

$$X_T = 14,9 \text{ мОм}; \quad \Delta P_{K3} = 5,5 \text{ кВт}$$

$$Z_T = 15,9 \text{ мОм}; \quad U_{K3} = 4,5 \%$$

$$Z_T^1 = 195 \text{ мОм}; \quad i_{XX} = 2,1 \%$$

«Загруженность трансформаторов определим по данной формуле:

$$K_3 = \frac{S_{HH}}{S_T}, \quad (18)$$

где:  $S_{HH}$  – максимальная полная нагрузка на НН, кВА;

$S_T$  – номинальная мощность трансформатора, кВА;

$K_3$  – коэффициент загрузки трансформатора, отн.ед.» [12.с.25].

$$K_3 = \frac{S_{HH}}{S_T} = \frac{862,28}{1000} = 0,86$$

По результатам расчета получается, что загруженность трансформатора составляет 0,86, а из этого можно сделать вывод, что трансформатор будет функционировать отлично. Так как выполняются нормы предусмотренные ПУЭ.

### 3.2 Расчет токов короткого замыкания

Перейдем к расчету коротких замыканий. Для этого необходимо составить расчетную схему линии и схему замещения.

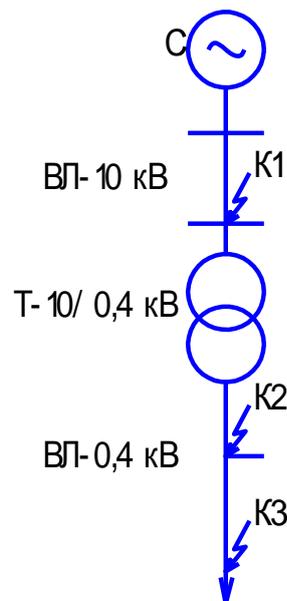


Рисунок 7 – Расчетная схема линии

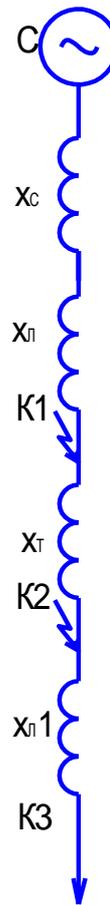


Рисунок 8 – Схема замещения

Расчет сопротивления элементов схемы.

«Значение сверхпереходной ЭДС для системы:

$$E''_{C} = 1; S_{\text{б}} = 1000 \text{ МВА.}$$

где  $S_{\text{б}}$  – базисная мощность»[7.с.8].

Мощность системы 220 МВА:

$$S_{\text{к}} = 220 \text{ МВА.}$$

«Сопротивление схемы находим по данной формуле

$$X_{*б, c} = \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{к}}} \quad (19)$$

где:  $S_{\text{б}}$  – базисная мощность сети,

$S_{\text{к}}$  – мощность системы»[7.с.27].

Выполним расчет  $X_{*б, c}$

$$X_{*б,с} = \frac{1000}{220} = 4,55.$$

«Сопротивление воздушной линии до КТП выполним по формуле:

$$X_{*б,ВЛ} = X_{уд} \cdot L \cdot \frac{S_б}{U_{ср}^2} \quad (20)$$

где:  $X_{уд}$  – ударный коэффициент;

$L$  – длина от ВЛ до КТП;

$U_{ср}$  – среднее напряжение.» [7.с.30].

Рассчитаем  $X_{*б,ВЛ}$ :

$$X_{*б,ВЛ} = 0,4 \cdot 10 \cdot \frac{1000}{10,5^2} = 36,28.$$

Сопротивление трансформатора (ТМГ 1000/10/0,4) найдем по формуле:

$$X_{*б,Т} = \frac{U_{кв\%}}{100} \cdot \frac{S_б}{S_{номТ}} \quad (21)$$

Рассчитаем  $X_{*б,Т}$ :

$$X_{*б,Т} = \frac{4,5}{100} \cdot \frac{1000}{0,4} = 112,5.$$

«Найдем сопротивление воздушных линий 0,4 кВ по формуле:

$$X_{*б,ВЛ1} = X_{уд} \cdot L \cdot \frac{S_б}{U_{ср}^2}, \quad (22)$$

где:  $X_{уд}$  – ударный коэффициент равный 0,08.» [7.с.41].

Длину линии берем самую большую. То есть до самого дальнего дома. Это делается для того чтобы короткое замыкание, которое может произойти в самой дальней точке, не было проигнорировано. Поэтому длину линии берем 210 метров.

Рассчитаем  $X_{*б,ВЛ1}$ :

$$X_{*б,ВЛ1} = 0,08 \cdot 2,1 \cdot \frac{1000}{0,4} = 1050.$$

Определим значение результирующего сопротивления до точки К1 по формуле:

$$X_{*б,рез} = X_{*б,с} + X_{*б,ВЛ1}, \quad (23)$$

Рассчитаем  $X_{*б,рез}$ :

$$X_{*б,рез} = 4,55 + 36,28 = 40,83.$$

«Величина базисного тока находится по формуле:

$$I_б = \frac{S_б}{\sqrt{3} \cdot U_б}, \quad (24)$$

где:  $U_б$  – базисное напряжение»[7.с.45].

Рассчитаем  $I_б$ :

$$I_б = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 54,99 \text{ кА.}$$

«Начальное действительное значение периодической составляющей точки короткого замыкания определим по формуле:

$$I_n = \frac{E_{*б}''}{X_{*б,рез}} \cdot I_б, \quad (25)$$

где:  $E_{*б}''$  – сверхпереходное ЭДС»[7.с.50].

Рассчитаем  $I_n$ :

$$I_n = \frac{1}{40,83} \cdot 54,99 = 1,35 \text{ кА.}$$

«Ударный ток короткого замыкания найдем по формуле:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_n \cdot K_{уд}, \quad (26)$$

где:  $K_{уд}$  – значение ударного коэффициента равно 1,9»[7.с.51].

Рассчитаем  $i_{уд}$ :

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1,35 \cdot 1,9 = 3,63 \text{ кА.}$$

Выполним расчет короткого замыкания в точке К2.

Выполним расчет результирующего сопротивления до точки К2 по формуле:

$$X_{*б,рез1} = X_{*б,с} + X_{*б,ВЛ} + X_{*б,Т}, \quad (27)$$

Рассчитаем  $X_{*б,рез1}$ :

$$X_{*6,рез1} = 4,55 + 36,28 + 112,5 = 153,33.$$

«Величина базисного тока находится по формуле:

$$I_{61} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6}, \quad (28)$$

где:  $U_6$  – базисное напряжение равно 0,4»[7.с.56].

Рассчитаем  $I_{61}$ :

$$I_{61} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1443,4 \text{ кА.}$$

«Начальное действительное значение периодической составляющей точки короткого замыкания определим по формуле:

$$I_{n1} = \frac{E_{*6}''}{X_{*6,рез1}} \cdot I_6, \quad (29)$$

где:  $E_{*6}''$  – сверхпереходное ЭДС»[7.с.58].

Рассчитаем  $I_{n1}$ :

$$I_{n1} = \frac{1}{153,33} \cdot 1443,4 = 9,41 \text{ кА.}$$

«Ударный ток короткого замыкания найдем по формуле:

$$i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot I_{n1} \cdot K_{уд}, \quad (30)$$

где:  $K_{уд}$  – значение ударного коэффициента равно 1,8»[7.с.60].

Рассчитаем  $i_{уд1}$ :

$$i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot 9,41 \cdot 1,8 = 23,95 \text{ кА.}$$

Выполним расчет токов короткого замыкания в точке КЗ.

Выполним расчет результирующего сопротивления до точки КЗ по формуле:

$$X_{*б,рез2} = X_{*б,с} + X_{*б,ВЛ} + X_{*б,Т} + X_{*б,ВЛ1}, \quad (31)$$

Рассчитаем  $X_{*б,рез2}$ :

$$X_{*б,рез2} = 4,55 + 36,28 + 112,5 + 1050 = 1203,33.$$

«Величина базисного тока находится по формуле:

$$I_{б2} = \frac{S_б}{\sqrt{3} \cdot U_б}, \quad (32)$$

где:  $U_б$  – базисное напряжение равно 0,4»[7.с.73].

Рассчитаем  $I_{б2}$ :

$$I_{б2} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1443,4 \text{ кА.}$$

«Начальное действительное значение периодической составляющей точки короткого замыкания определим по формуле:

$$I_{n2} = \frac{E''_{*б}}{X_{*б,рез2}} \cdot I_{б2}, \quad (33)$$

где:  $E''_{*6}$  – сверхпереходное ЭДС»[7.с.75].

Рассчитаем  $I_{n2}$ :

$$I_{n2} = \frac{1}{1203,33} \cdot 1443,4 = 1,21 \text{ кА.}$$

«Ударный ток короткого замыкания найдем по формуле:

$$i_{уд2} = \sqrt{2} \cdot I_{n1} \cdot K_{уд}, \quad (34)$$

где:  $K_{уд}$  – значение ударного коэффициента равное 1,8»[7.с.78].

Рассчитаем  $i_{уд1}$ :

$$i_{уд2} = \sqrt{2} \cdot 1,2 \cdot 1,8 = 3,05 \text{ кА.}$$

Начальное действующее значение составляющей тока короткого замыкания.

«Максимальный ток рассчитаем по формуле:

$$I_{max} = \frac{1,4 \cdot S_{мном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (35)$$

где:  $U_{ном}$  – номинальное напряжение трансформатора на высокой или низкой стороне.» [7.84].

Рассчитаем  $I_{max}$  на высокой стороне при  $U_{ном}=10,5$  кВ.

$$I_{max} = \frac{1,4 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 30,79 \text{ А.}$$

Рассчитаем  $I_{\max 1}$  на низкой стороне стороне при  $U_{\text{НОМ}}=0,4$  кВ.

$$I_{\max 1} = \frac{1,4 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 808,3 \text{ А.}$$

Расчет тока однофазного короткого замыкания.

Рассчитаем ток однофазного короткого замыкания для точки К1.

Общее сопротивление линии до точки КЗ найдем по формулам:

$$X_{*2-1} = X_{*6, c} + X_{*6}, \text{ ВЛ,} \quad (36)$$

$$X_{0-1} = X_{*6, c} + 3,5 \cdot X_{*6}, \text{ ВЛ} \quad (37)$$

Рассчитаем сопротивления:

$$X_{*2-1} = 4,55 + 36,28 = 40,83,$$

$$X_{0-1} = 4,55 + 3,5 \cdot 36,28 = 131,53.$$

«Найдем ток прямой последовательности по формуле:

$$I_k^1 = m^n \frac{E_{*6}''}{X_{*2-1} + \Delta X'}, \quad (38)$$

где:  $\Delta X'$  это  $X_{0-1}$ ;

$X_{*2-1}$  – общее сопротивление линии до точки короткого замыкания.»[7.с.87].

Рассчитаем ток прямой последовательности:

$$I_k^1 = 3 \cdot \frac{1}{40,83 + 131,53} = 0,0174 \text{ кА.}$$

«Ток несимметричного К.З. определим по формуле:

$$I'_{n01} = I_6 \cdot I_k^1, \quad (39)$$

где:  $I_{k1}^1$  – ток прямой последовательности.»[7.с.89].

Рассчитаем ток несимметричного К.З.:

$$I'_{n01} = 54,99 \cdot 0,0174 = 0,96 \text{ кА.}$$

Рассчитаем ударный ток:

$$I_{уд}^1 = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 0,96 = 2,44 \text{ кА.}$$

Рассчитаем ток однофазного короткого замыкания для точки К2.

Общее сопротивление линии до точки К.З. найдем по формулам:

$$X_{*2} = X_{*6, с} + X_{*6, ВЛ} + X_{*6, Т}, \quad (40)$$

$$X_{0-2} = X_{*6, с} + 3,5 \cdot X_{*6, ВЛ} + X_{*6, Т}. \quad (41)$$

Рассчитаем сопротивления:

$$X_{*2} = 4,55 + 36,28 + 112,5 = 153,33,$$

$$X_{0-2} = 4,55 + 3,5 \cdot 36,28 + 112,5 = 244,03.$$

«Найдем ток прямой последовательности по формуле:

$$I_k^1 = m^n \frac{E_{*6}''}{X_{*2} + \Delta X'}, \quad (42)$$

где:  $\Delta X'$  это  $X_{0-2}$ ;

$X_{*2\ 2}$  – общее сопротивление линии до точки короткого замыкания.»[7.с.90].

Рассчитаем ток прямой последовательности:

$$I_k^1 = 3 \cdot \frac{1}{40,83 + 131,53} = 0,0075 \text{ кА.}$$

«Ток несимметричного К.З. определим по формуле:

$$I'_{n02} = I_6 \cdot I_k^1, \quad (43)$$

где:  $I_{k1}^1$  – ток прямой последовательности.»[7.с.91].

Рассчитаем ток несимметричного К.З.:

$$I'_{n02} = 1443,4 \cdot 0,0075 = 10,83 \text{ кА.}$$

Рассчитаем ударный ток:

$$I_{уд}^1 = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 10,83 = 27,56 \text{ кА.}$$

Рассчитаем ток однофазного короткого замыкания для точки КЗ.

Общее сопротивление линии до точки КЗ. найдем по формулам:

$$X_{*2\ 3} = X_{*6,с} + X_{*6,ВЛ} + X_{*6,Т} + X_{*6,ВЛ1}, \quad (44)$$

$$X_{0\ 3} = X_{*6,с} + 3,5 \cdot X_{*6,ВЛ} + X_{*6,Т} + X_{*6,ВЛ1}. \quad (45)$$

Рассчитаем сопротивления:

$$X_{*2\ 3} = 4,55 + 36,28 + 112,5 + 1050 = 1203,73,$$

$$X_{0\ 3} = 4,55 + 3,5 \cdot 36,28 + 112,5 + 1050 = 1294,03.$$

«Найдем ток прямой последовательности по формуле:

$$I_k^1 = m^n \frac{E_{*6}''}{X_{*2\ 3} + \Delta X'} \quad (46)$$

где:  $\Delta X'$  это  $X_{0\ 3}$ ;

$X_{*2\ 3}$  – общее сопротивление линии до точки короткого замыкания.»[7.с.93].

Рассчитаем ток прямой последовательности:

$$I_k^1 = 3 \cdot \frac{1}{40,83 + 131,53} = 0,0023 \text{ кА.}$$

«Ток несимметричного К.З. определим по формуле:

$$I'_{n03} = I_6 \cdot I_k^1 \quad (47)$$

где:  $I_{k1}^1$  – ток прямой последовательности.»[7.с.95].

Рассчитаем ток несимметричного К.З.:

$$I'_{n03} = 1443,4 \cdot 0,0023 = 3,32 \text{ кА.}$$

Рассчитаем ударный ток:

$$I_{уд}^1 = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 3,32 = 8,45 \text{ кА.}$$

Составим полученные данные в таблицу 10, где приведем все значения токов коротких замыканий.

Таблица 10 – расчетные данные токов коротких замыканий

Точка К.З.	$U_{нВ}$	$K_{уд}$	$I_{к}^3$	$I_{уд}^3$	$I_{к}^1$	$I_{уд}^1$
К1	10	1,9	1,35	3,36	0,96	2,44
К2	0,4	1,8	9,41	23,95	10,83	27,56
К3	0,4	1,8	1,2	3,05	3,32	8,45

Составив таблицу можно сделать вывод, что самым опасным коротким замыканием является однофазное короткое замыкание в точке К2. Ударный ток которого равен 27,56 кА.

### 3.3 Выбор электрической сети массива

На территории массива электроснабжение домов осуществляется по воздушным линиям электропередач.

«Воздушная линия – линия распределяющая электроэнергию по проводам, которые расположены на открытом воздухе, закрепленные с помощью арматуры и изоляторов к траверсам на опоре.»[2. с.82]

Данный выбор обусловлен тем, что главными плюсами данных линий являются простота обнаружения при повреждениях, возможность добавления, от основной линии, дополнительных ответвлений. А так же низкая стоимость и большая пропускная способность.

Но, к сожалению, имеются и недостатки. Провода, которые находятся на открытом пространстве, подвержены влиянию погодных факторов, условий. Ущерб проводам могут оказать сильный ветер, образование льда на проводах и на крепежных сооружениях столбов, а так же падение деревьев или больших веток на провода.

Для электроснабжения на воздушных линиях было принято решение об использовании самонесущего изолированного провода (СИП).

При использовании провода СИП можно выделить множество положительных факторов такие как:

- данный провод показывает высокую надежность при монтаже и эксплуатации;
- маленькие затраты на монтаж, быстрый ремонт
- данный провод дает возможность на подвеску совместной линии связи или нескольких цепей;

Обеспечить дачный массив необходимой электроэнергией на напряжение 0,4 кВт позволит СИП 2 сечением 2x16. Это самонесущий изолированный провод все жилы которого выполнены уплотненным алюминиевым сплавом с изоляцией из сшитого полиэтилена. Нулевая несущая жила так же изолирована.

### 3.4 Выбор сечения проводов СИП

Для обеспечения электроэнергией дачного массива, в пунктах ранее, был выбран провод СИП.

«Рассчитаем плотность тока и сечения провода по формулам:

$$I_{\text{расч}} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} \quad (48)$$

$$S = \frac{I_{\text{расч}}}{j_{\text{ЭК}}} \quad (49)$$

где:  $j_{\text{ЭК}}$  – нормированная плотность тока равная 1 А/мм<sup>2</sup>.»[10.с.26].

Произведем расчет:

$$I_{\text{расч}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 54,98 \text{ А};$$

$$S = \frac{54,98}{1} = 54,98 \text{ мм}^2.$$

Для стороны 10 кВ и 0,4 кВ выбираем провод СИП 2 4x50 с допустимым допустимом током равным 195 А.

Сравним длительный допустимы ток провода с расчетным током:

$$I_{\text{расч}} \leq I_{\text{дл.доп}} \quad (50)$$

$$54,98 \text{ А} \leq 195 \text{ А}.$$

Провод СИП 2 4x50 соответствует требованиям.

### 3.5 Выбор разъединителя КТП и автоматических выключателей

Выбор выключателя на стороне 10 кВ осуществляется:

По величине номинального напряжения

$$U_{\text{ном}} \leq U_{\text{сет.ном}} \quad (51)$$

По величине номинального тока:

$$I_{\text{ном.дл.}} \leq I_{\text{ном}} \quad (52)$$

Максимальный ток найдем по формуле:

$$I_{\text{max}} = 1,4 \cdot \frac{S_{\text{T}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{H}}} \quad (53)$$

$$I_{\text{max}} = 1,4 \cdot \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 76,98 \text{ А}.$$

По перечисленным выше характеристикам выбираем разъединитель РЛНД-1-10/200 УХЛ1.

Характеристики разъединителя РЛНД-1-10/200 УХЛ1 представлены в таблице 11.

Таблица 11 – характеристики выключателя

$U_{\text{ном.сети}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{max}} = 76,98 \text{ А}$	$I_{\text{max}} = 200 \text{ А}$
$I_{\text{к}}^3 = 1,35 \text{ кА}$	$I_{\text{н0}} = 10 \text{ кА}$
$i_{\text{уд}}^3 = 3,36 \text{ кА}$	$I_{\text{н.рс}} = 25 \text{ кА}$

Выбор выключателя на стороне 0,4 кВ осуществляется:

По величине номинального напряжения

$$U_{\text{ном}} \leq U_{\text{сет.ном}} \quad (54)$$

По величине номинального тока:

$$I_{\text{ном.дл.}} \leq I_{\text{ном}} \quad (55)$$

Максимальный ток найдем по формуле:

$$I_{\text{max}} = 1,4 \cdot \frac{S_{\text{T}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{H}}} \quad (56)$$

$$I_{\text{max}} = 1,4 \cdot \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 2020,73 \text{ А.}$$

По перечисленным выше характеристикам выбираем автоматический выключатель ВА – СЭЩ – В – АМ – 10D – 1000А.

Характеристики выключателя ВА – СЭЩ – В – АМ – 10D – 2500А представлены в таблице 12.

Таблица 12 – характеристики выключателя

Тип выключателя	$U_{\text{НОМ}}$ , кВ	$I_{\text{НОМ}}$ , А	$I_{\text{НОМ.ОТ}}$ , кА	Предельный сквозной ток, кА		Номинальный ток выключателя кА		Время отключения, с
				Наиб. ток	Значение периода сост	Наиб. пик	Значение периода сост	
ВА-СЭЩ-В-АМ- 2500А	10	2500	31,5	80	31,5	80	31,5	0,105

Произведем проверку на отключение периодической составляющей:

$$I_{\text{н.т.}} \leq I_{\text{а.ном.}} \quad (57)$$

«Токи рассчитаем по формулам:

$$I_{\text{н.т.}} = (\bar{2} \cdot \beta_{\text{НОМ}}/100) \cdot I_{\text{ОТКЛ.НОМ.}} \quad (58)$$

$$I_{\text{а.ном.}} = \bar{2} \cdot I_{\text{н.о.}} \cdot e^{-\tau/T_a} \quad (59)$$

$$\tau = t_{\text{рз}} + t_{\text{св}} \quad (60)$$

где:  $t_{\text{рз}}$  – время срабатывания релейной защиты;

$t_{\text{св}}$  – собственное время срабатывания выключателя.» [9.с.20].

Рассчитаем токи:

$$I_{\text{а.ном.}} = \bar{2} \cdot 0,4 \cdot 35,5 = 20,08 \text{ кА};$$

$$I_{\text{а.т.}} = \bar{2} \cdot 10,83 \cdot 1^{\frac{0,025}{0,03}} = 15,31 \text{ кА}$$

Проведем проверку выключателя составив ведомость проверки.

Ведомость проверки представлена в таблице 13.

Таблица 13 – проверка выключателя

Автоматический выключатель ВА – СЭЩ – В – АМ – 10D – 1000А.	
$U_{\text{НОМ}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{сет.НОМ}} = 0,4 \text{ кВ}$
$I_{\text{max}} = 2500 \text{ А}$	$I_{\text{НОМ}} = 2020 \text{ А}$
$I_{\phi}^{(1)} = 10,83 \text{ кА}$	$I_{\text{откл.НОМ}} = 35,5 \text{ кА}$
$I_{a,\tau} = 15,31 \text{ кА}$	$i_{a,\text{НОМ}} = 20,08 \text{ кА}$
$\begin{aligned} & \sqrt{2} \cdot I_{\phi}^{1.3} \cdot I_{a,\tau} \\ & = \sqrt{2} \cdot 27,56 + 38,58 \\ & = 77,56 \text{ кА} \end{aligned}$	$\begin{aligned} & \sqrt{2} \cdot I_{\text{откл.НОМ}} \cdot 1 + \beta_{\text{Н}} \cdot 100 \\ & = \sqrt{2} \cdot 25,5 \cdot 1 + 0,4 \\ & = 50,48 \text{ кА} \end{aligned}$
$I_{\text{уд}}^{(1.3)} = 27,56 \text{ кА}$	$i_{\text{н.р.с}} = 32,4 \text{ кА}$

Проведя проверку выключателей выявлено, что разъединитель РЛНД-1-10/200 УХЛ1 на стороне 10 кВ и автоматический выключатель ВМПЭ-11-2500-31.5ТЗ соответствуют параметрам требованиям данной сети массива.

Если произойдет короткое замыкание на одной из улиц массива, то выключатель отключит сразу весь массив. Данное решение не приемлемо так как нет смысла отключать весь массив, если короткое замыкание произошло на какой-нибудь улице на большом расстоянии от трансформатора. Так же есть вероятность, что выключатель не сработает, так как точка короткого замыкания будет слишком удалена. Поэтому было принято решение поставить на каждую улицу массива автоматический выключатель ВМПЭ-11-2500-31.5ТЗ.

### 3.6 Выбор разрядника

Для КТП дачного массива для установки на высоком напряжении выбираем разрядник типа РВО – 10 У1.

Разрядники РВО – 10 У1 изготавливаются для электрических сетей с любой нейтральной системой заземления. Данный тип разрядника используется для защиты изоляции электрического оборудования в сетях с переменным током частотой 50 Гц и напряжением 10 кВ.

Расшифровка условных обозначений разрядника

Р – разрядник;

В – вентельный;

О – облегченный;

10 – класс напряжения сети;

У – использование в условиях климата указанное в ГОСТ 15150-69

1 – размещение по категории ГОСТ 15150-69

Характеристика разрядника РВО – 10 У1 представлена в таблице 14.

Таблица 14 – характеристики разрядника

Наименование	Единица изм.	Знач.
Класс напряжения	кВ	10
Наибольшее длит. допуст. рабочее напряжение	кВ	12,7
Ток утечки	мкА	6
Допустимое натяжение проводника, не менее	Н	300
Высота разрядника, не более	мм	411
Пробивное напряжение в сухом состоянии	кВ	26
Пробивное напряжение под дождем	кВ	30,5

### **3.7 Выбор комплектной трансформаторной подстанции**

Для комплектной трансформаторной подстанции был выбран киоскового типа КТП – СЭЩ – Н. Такие КТП занимают меньше места. Дешевые, легки в установке и в обслуживании.

Данные КТП в основном служат для приема электроэнергии 10 кВ, переменного трехфазного тока частотой 50 Гц. Распределение по потребителям 0,4 кВ. Предварительно преобразовав 10 кВ в 0,4 кВ. Данная КТП в основном используется для снабжения электроэнергией промышленных и сельскохозяйственных объектов. Схема КТП показана в приложениях А и Б.

## 4 Обеспечение безопасности и экономический анализ

### 4.1 Расчет заземления

«Метод коэффициента использования для расчета заземления подстанций получил широкое применение в установках от 6 до 35 кВ. Расчет заземления проводится следующим образом.

1. Согласно ПУЭ устанавливают необходимое сопротивление заземления  $R_3$ . Если требуется совмещение устройств заземления различных напряжений, то принимают меньшее из требуемых значений.

2. Путем замера, расчета или основываясь на данных по уже работающим заземляющим устройствам, определяется возможное сопротивление растеканию токов через естественные заземлители  $R_e$ .

3. Установка искусственного заземления проводится, если  $R_e > R_3$ .

Сопротивление искусственного заземления  $R_{и}$  определяется по формуле:

$$R_{и} = \frac{R_3 \cdot R_e}{R_e - R_3} \quad (61)$$

4. Затем определяется удельное сопротивление грунта  $p_{гр}$  из таблицы 15.

5. Приняв во внимание коэффициенты сезонности  $k_c$  или  $k'_c$  определяется расчетное удельное сопротивление грунта для заземлителей  $p_{рас}$ . В свою очередь коэффициенты сезонности  $k_c$  или  $k'_c$  определяются как показано в таблице 16.»[19.с.86]

Таблица 15 – значения удельных сопротивлений грунта

Наименование грунта	Удельное сопротивление грунта Ом · м
Песок	700
Суглинок	100

Продолжение таблицы 15

Чернозем	20
Глина	40
Глина (слой 7-10 м) или гравий	70
Садовая земля	40

Таблица 16 – климатические зоны и значения коэффициентов  $k_c$  и  $k'_c$

Данные характеризующие климатические зоны и тип применяющих заземляющих электродов	Климатические зоны			
	I	II	III	IV
Климатические признаки зон – средняя многолетняя температура:				
Низшая (январь), t °C	-20	-14	-10	-0
Высшая (июль), t °C	+17	+22	+24	+26
Коэффициенты сезонности для стержней $k_c$ и $k'_c$				
$k_c$ – для вертикальных стержневых заземлителей (глубина 0,5-0,8 м)				
Длинной L = 2 – 3 м	1,8	1,5	1,4	1,2
Длинной L = 5 м	1,35	1,25	1,15	1,1
$k'_c$ - для горизонтальных заземлителей глуб. 0,8 м	4,5	3,5	2,5	1,5

Дачный массив располагается в Самарской области. Для Самарской области характерна I климатическая зона.

«Расчетное удельное сопротивление грунта для вертикальных и горизонтальных стержневых заземлителей определяются по формулам:

$$p_{\text{расч.в}} = k_c \cdot p_{\text{гр}} \quad (62)$$

$$p_{\text{расч.г}} = k'_c \cdot p_{\text{гр}} \quad (63)$$

где:  $k_c$  и  $k'_c$  - Коэффициенты сезонности для стержней;

$p_{\text{гр}}$  – удельное сопротивление грунта.»[19.с.88]

Рассчитаем удельное сопротивление грунта для стержней:

$$p_{\text{расч.в}} = 1,8 \cdot 100 = 180 \text{ Ом};$$

$$p_{\text{расч.г}} = 4,5 \cdot 100 = 450 \text{ Ом}.$$

Сопротивление растеканию вертикального заземления определяется по формуле:

$$R_{\text{в}} = \frac{0,366 \cdot p_{\text{расч.в}}}{L} \cdot \left( \lg \frac{2L}{d} + \frac{L}{2} \lg \frac{4t' + L}{4t' - L} \right) \quad (64)$$

где:  $p_{\text{расч.в}}$  – расчетное удельное сопротивление грунта для вертикальных заземлителей;

$L$  – длина вертикального заземлителя;

$d$  – диаметр стержневого заземлителя равный 0,95 м;

$t'$  – глубина заложения вертикального заземлителя равная  $1/2$

$L$ .» [19.с.88]

Рассчитаем сопротивление растеканию вертикального заземления:

$$R_{\text{в}} = \frac{0,366 \cdot 180}{2} \cdot \lg \frac{2 \cdot 2}{0,95} + \frac{2}{2} \lg \frac{3 + 2}{3 - 2} = 34,2 \text{ Ом}.$$

«Необходимое количество параллельно соединенных вертикальных заземлителей находим по формуле:

$$n = \frac{R_{\text{в}}}{R_{\text{д}}} \quad (65)$$

где:  $R_{\text{д}} \leq 4 \text{ Ом}$ .» [19.с.89]

Рассчитаем количество параллельно соединенных вертикальных заземлителей:

$$n = \frac{34,2}{4} = 8,55 = 9$$

«Длина горизонтального электрода находится по формуле:

$$L_{\Gamma} = L \cdot m \cdot n \quad (66)$$

где:  $L$  – длина соединительного проводника;

$m$  – расстояние между заземлителями;

$n$  – количество заземлителей.» [19.с.90]

Рассчитаем длину горизонтального электрода:

$$L_{\Gamma} = 1,05 \cdot 2,275 \cdot 9 = 21,49 \text{ м.}$$

Сопротивление растеканию тока горизонтальных заземлителей находим по формуле:

$$R_{\Gamma} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч.г}}}{L} \cdot \ln \frac{2L^2}{b \cdot t} \quad (67)$$

Рассчитаем Сопротивление растеканию тока горизонтальных заземлителей:

$$R_{\Gamma} = \frac{0,366 \cdot 450}{3} \cdot \ln \frac{2 \cdot 3^2}{0,56 \cdot 2,2} = 90,13 \text{ Ом.} \quad (68)$$

«Сопротивление растеканию искусственных заземлителей рассчитаем по формуле:

$$R_{\text{и}} = \frac{R_{\Gamma} \cdot R_{\text{В}}}{R_{\text{В}} \cdot \eta_{\text{В}} \cdot n \cdot R_{\Gamma} \cdot \eta_{\Gamma}} \quad (69)$$

где:  $\eta_{\Gamma}$  – коэффициент использования горизонтального электрода;  
 $\eta_{\text{в}}$  – коэффициент использования вертикального электрода;  
 $n$  – количество электродов.» [19.с.94]

Рассчитаем сопротивление растеканию искусственных заземлителей:

$$R_{\text{и}} = \frac{90,13 \cdot 34,2}{34,2 \cdot 0,6 \cdot 9 \cdot 90,13 \cdot 0,4} = 0,46 \text{ Ом.}$$

По результатам расчетов получилось, что сопротивление искусственных электродов не превышает требуемое  $R_{\text{д}}$  равное 4 Ом:

$$R_{\text{и}} < R_{\text{д}} \quad (70)$$

Контур заземления КТП представлен на рисунке 4.1.1.

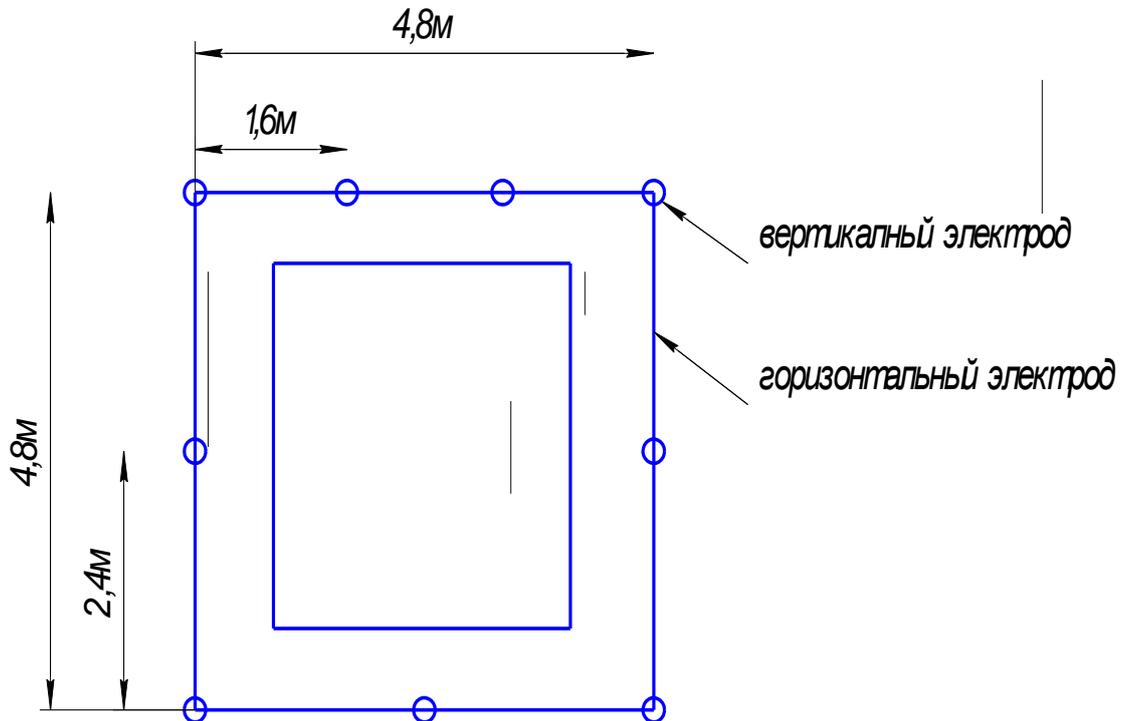


Рисунок 9 – Контур заземления КТП дачного массива

## 4.2 Основы техники безопасности в сетях 10/04 кВ

Работы без отключения питающей линии напряжением выше 1000 В на ТП и КТП (мачтовых и столбовых) разрешают проводить только тогда, когда осмотр и ремонт возможно выполнить стоя на площадке, соблюдая условие о расстоянии до токоведущих частей, которые находятся под напряжением. Работы выполняются при отключенных и заземленных токоведущих частях, если расстояние до них, во время работы, меньше чем требуется.

При работах на ТП и КТП киоскового типа обязательно проводится допуск. Работы проводятся только после отключения в правильном порядке. Сперва отключают коммутационные аппараты напряжением до 1000 В. Затем отключают линейные разъединители напряжением выше 1000 В. Выполняется заземление токоведущих частей подстанции. Линия напряжением 220 В отключается с противоположной питающей стороны, если возможна подача напряжения с этой линии. Должны быть применены меры, для предотвращения ошибочного или самопроизвольного включения. На КТП выполняется заземление до коммутационных аппаратов.

Для обеспечения безопасности на рабочем месте выполняются следующие мероприятия:

- Выполняется зануление, ставится защитное заземление;
- Выравнивание потенциалов;
- Световая предупредительная сигнализация;
- Ограждение;
- Допуск к работе, оформленный в документальном виде
- Наличие диэлектрической экипировки( диэлектрические перчатки, диэлектрические сапоги);
- Наблюдение бригадиром за ходом работы;
- Выставление знаков безопасности. Предупредительных табличек;
- Периодическая проверка знаний техники безопасности у рабочего персонала.

Конструкция электроустановки должна быть выполнена таким способом, чтобы во время эксплуатации персонал был защищен от контакта с токоведущей частью, а оборудование защищено от проникания каких-либо посторонних объектов.

Защитное заземление и зануление является одним из главных средств защиты.

В сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом.

### **4.3 Краткие сведения о монтаже силовых трансформаторов**

Для монтажа силовых трансформаторов проводится сложный комплекс технологических операций.

«Монтаж силового трансформатора проводится бригадой или бригадами, специальность которых направлена на выполнение данного вида работы.

Работа выполняется под руководством высококвалифицированного прораба или мастера, имеющего опыт по монтажу силовых трансформаторов, в соответствии с ТТМ 16.800.723-80.

С завода-изготовителя масляные трансформаторы отправляют высушенными и в зависимости от массы и размера в следующем состоянии:

В состоянии полной сборки с залитым маслом;

Демонтированные частично, с залитым маслом ниже крышки при этом загерметизированные в собственном баке

Демонтированные частично в собственном баке без масла

Детали трансформаторов, которые отправляются в частично демонтированном состоянии, отправляются с завода в упаковке надежно защищенные от влаги.»[3]

Работа по монтажу силового трансформатора подразделяется на следующие этапы:

выгрузка силового трансформатора;

транспортировка трансформатора до места установки;  
подготовительные работы по монтажу;  
установка на фундамент;  
проверка состояния изоляции обмоток;  
установка охлаждающей системы, если она демонтирована;  
в процессе окончания монтажа проводятся испытания трансформатора.

Если трансформатор не прошел проверку при испытаниях, его демонтируют и отправляют обратно на завод-изготовитель с описанием неполадки.

#### **4.4 Подготовительные работы при монтаже силового трансформатора**

До того как силовой трансформатор будут устанавливать, на месте установки выполняются следующие подготовительные работы:

Монтаж трансформатора начинают с подготовки всех комплектующих в соответствии с ППЭР и технологической картой монтажные механизмы, аппараты, которые необходимы для монтажа доставляются на монтажную. Их испытывают и подготавливают к предстоящей работе;

заливают в баки необходимое количество трансформаторного масла;

подбираются средства для пожаротушения;

фундамент залитый под силовой трансформатор принимают у строительной компании.

#### **4.5 Экономический расчет по разработке дачного массива**

В экономическом расчете представлены затраты на материалы и оборудование для реализации нового электроснабжения массива. Перечисление оборудования, затрат и расчет их стоимости представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Экономический расчет

	Наименование	Количество	Стоимость (руб)	Общая стоимость (руб)
1	ТМГ 1000/10/0,4 – У1	1	495 000	395 000
2	РЛНД-1-10/200 УХЛ1	1	6 390	6 390
3	ВА – СЭЩ – В – АМ – 10D – 2500А	48	6 300	302 400
4	РВО – 10 У1	3	960	2 880
5	Опоры 11-ти метровые марки СВ-110	54	6 000	324 000
6	Ограждение КТП	4	19 300	77 200
7	Провод СИП 2А	9600 м	45,37	435 552
8	КТП-СЭЩ без трансформатора	1	12 250	12 250
9	Устройство фундаментов для КТП: Укладка 4-х лежней	1	2520,79	2521
10	Стальной стержень до 16 мм	9	3 950	35 550
11	Сталь полосовая 4х40мм	300 кг	150	45 000
12	Проект системы электро-снабжения	1	25 000	25 000
Итого:				1 663 743

По проведенным расчетам выявлено, что общие затраты на осуществление проекта электроснабжения дачного массива СНТ «Раздолье» составляют 1 663 743 рубля без учета затрат на монтаж, грузоперевозок и оплаты труда рабочим.

## Заключение

В данной выпускной квалификационной работе была рассмотрена система электроснабжения дачного массива. В данной работе была разработана новая система электроснабжения дачного массива. Было выбрано три КТПх1000кВА-10/0,4. Выбор трех комплектных трансформаторных подстанций был обусловлен тем, что данный массив имеет тенденцию на развитие. То есть строятся дома на уже имеющихся улицах, а так же намечается создание новых улиц. Некоторые из домов населены жителями, которые живут в домах 8 месяцев в году.

Было рассчитано освещение на каждый перекресток и конец улицы. Для освещения были выбраны светильники ДНаТ 250.

Для того чтобы выбрать оборудование был произведен расчет нагрузок по всему массиву. В результате был выбран число тип и мощность силовых трансформаторов. Был выбран трехфазный трансформатор масляный, герметичный мощностью 1000 МВА с напряжением на высокой стороне 10 кВ и с напряжением на низкой стороне 0,4 кВ. (ТМГ 1000/10/0,4 – У1).

Далее был произведен расчет токов короткого замыкания. По результатам этого расчета были выбраны разъединитель на высокой стороне и выключатели на низкой стороне: разъединитель РЛНД-1-10/200 УХЛ1 на стороне 10 кВ и автоматический выключатель ВА – СЭЩ – В – АМ – 10D – 2500А. так же была произведена проверка данных выключателей. После проверки был сделан вывод, что оборудование соответствует требованиям данной сети массива.

Был проведен экономический анализ, где было рассчитано, что на реализацию данного проекта потребуется 1 663 743 рубля без учета на транспортировку и оплаты труда рабочим.

В конечном итоге была разработана новая система электроснабжения массива. Новое оборудование полностью удовлетворяет требованиям по надежности электроэнергии.

## Список используемых источников

1. ГОСТ 31840-2013. Насосы погружные и агрегаты насосные. Требования безопасности: утв. и введено в действие Приказом Рсстандарта от 2014-01-01.
2. Исмагилов Ф.Р., Шакиров Р.Г. Основные вопросы проектирования воздушных линий электропередач: учебное пособие: Москва : Машиностроение, 2015. 212 с.
3. ГОСТ 27.003-2016 Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности: утв. и введено в действие Приказом Рсстандарта от 2017-09-01.
4. Чукреев Ю.Я., Ягубов З.Х., Тетеревлёва Е.В. Основы электроснабжения: учеб. Пособие: Ухта : УГТУ, 2014. 106 с
5. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению: Справочник: М.:Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2016. 136 с.
6. Петрова, М. В. Электрооборудование автономных объектов: учебное пособие: Ульяновск : УлГТУ, 2016. 101 с
7. Ушаков, В.Я. Электроэнергетические системы и сети: учебное пособие: Москва: Юрайт, 2016. 448 с
8. Инструкция по монтажу силовых трансформаторов напряжением 110кВ включительно. ВСН 342-75: М.: Альвис, 2014. 156 с.
9. Инструкция по производству замеров нагрузок силовых трансформаторов: М.: Альвис, 2013. 80 с
10. Тихомиров П.М. Расчет трансформаторов: учебное пособие: М.: Ленанд, 2014. 528 с
11. ГОСТ 11677 – 85: Трансформаторы силовые. Общие технические условия: М.: Альвис, 2014. 80 с
12. Хорольский В.Я Таранов М.А. Эксплуатация систем электроснабжения: М.: ДРОФА, 2013. 288 с

13. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов: М.: Academia, 2013. 320 с.
14. Степанина Ю.В., Салтыков В.М. Проектирование электрической части понизительной подстанции: учебное пособие: Тольятти 2007.
14. Mushtag I.H. Improving the cooling performance of electrical distribution transformer using transformer oil: Based MEPCM suspension, 2017.
15. Paluszczyszyn D., Ulanicki B. Pump schedules optimisation with pressure aspects in complex large-scale water distribution systems: Based MEPCM suspension, 2014.
16. Shorouk O.I., Khaled N.F., Esam A.E. Implementation of fuzzy modeling system for faults detection and diagnosis in three phase induction motor drive system: 2015.
17. Postolati V. Controlled Compact High Voltage Power Lines: Institute of Power Engineering of the Academy of Sciences, 2016.
18. Golovanov N., Porumb R. Specific Issues of Equivalent Longitudinal Resistances Calculation for Three Windings Transformers: University Politehnica of Bucharest Bucharest, Romania, 2015.
19. Ю.Д. Сибикин. Пособие к курсовому и дипломному проектированию электроснабжения промышленных, сельскохозяйственных и городских объектов. Учебное пособие. – М.: Инфра-М, 2015. 384 с.
20. Ю.Н. Шуваев. Водоснабжение дачных и садовых участков. – М.: РадиоСофт, 2015. 92 с.

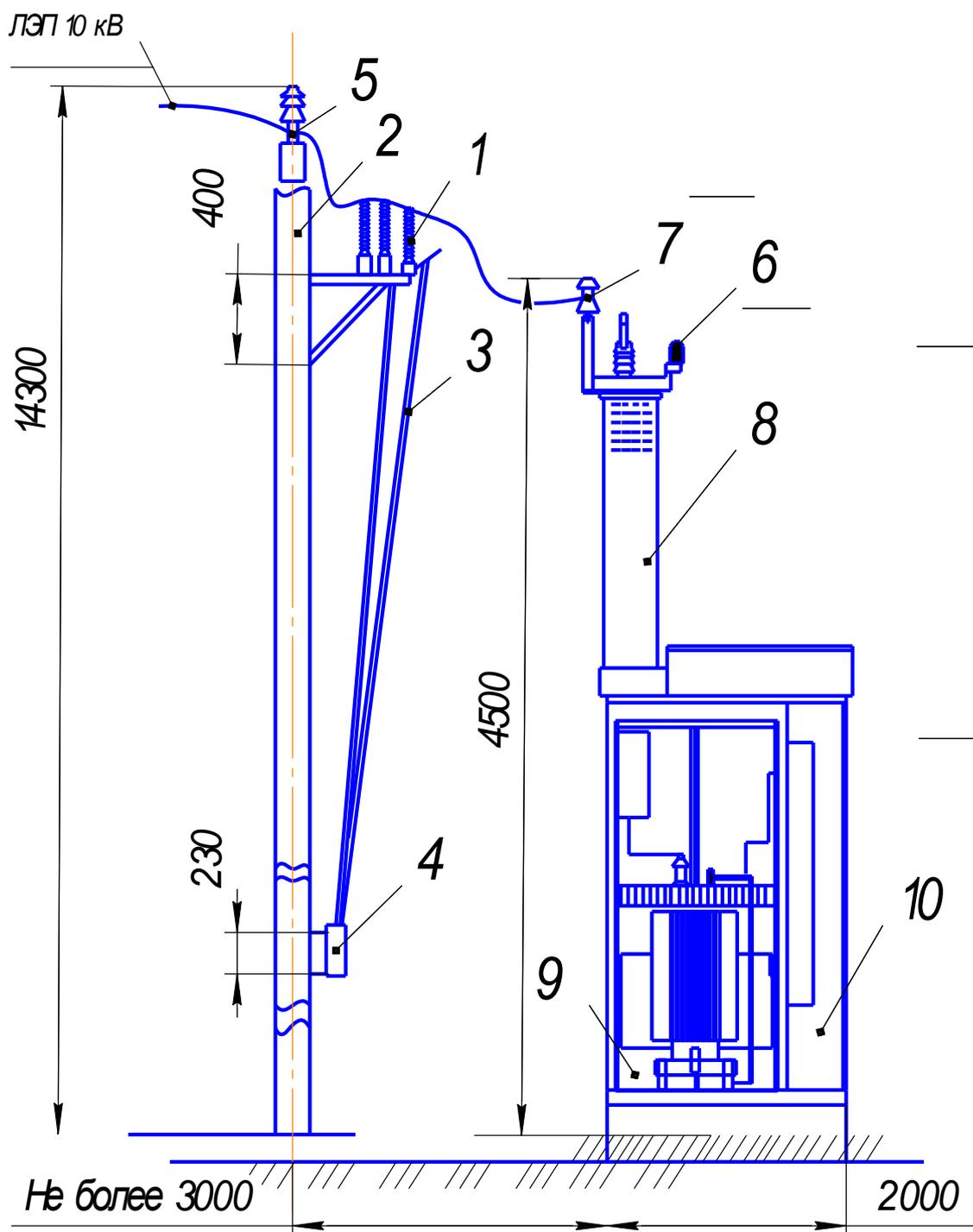


Рисунок А.1 - Чертеж КТП СЭЩ-Н(ВК) общий вид сбоку

- 1 – Разъединитель наружной установки;
- 2 – Опора;
- 3 – Тяга привода разъединителя;
- 4 – Привод разъединителя;

- 5 – Изолятор;
- 6 – Ограничитель перенапряжения;
- 7 – Изолятор ШФ -20Г 10 кВ;
- 8 – Портал высоковольтного ввода;
- 9 – Отсек УВН;
- 10 – Отсек РУНН.

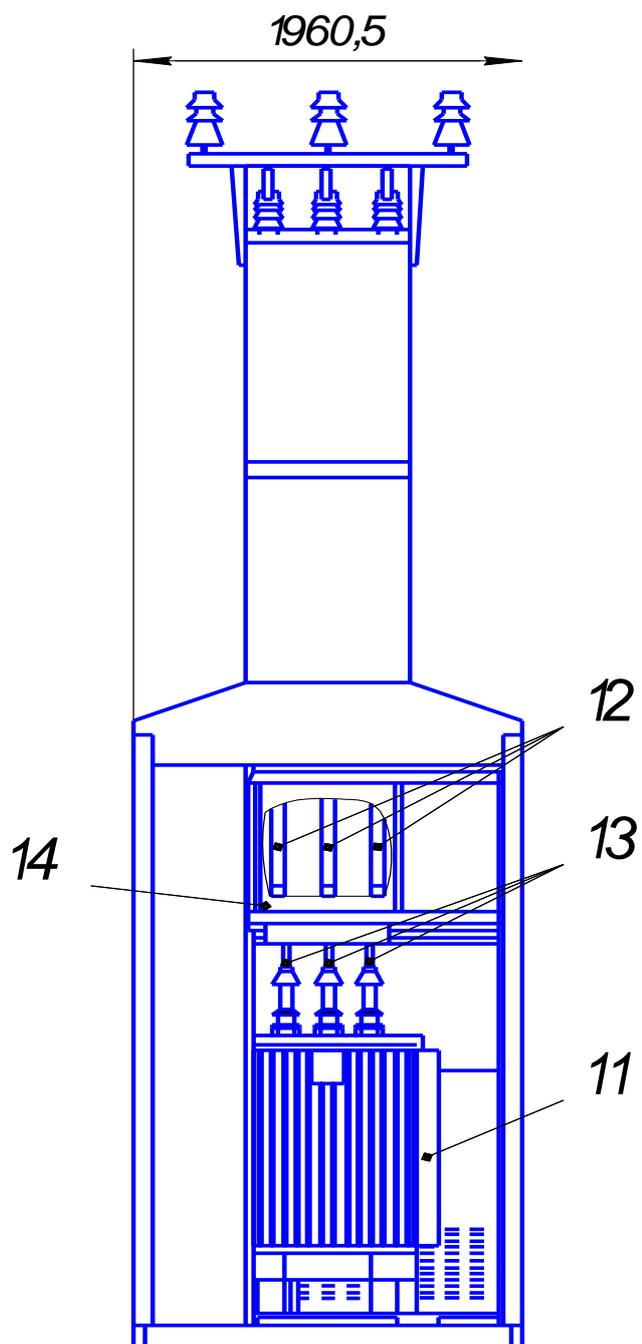


Рисунок Б1 – Чертеж КТП-СЭЩ-Н(ВК) вид со стороны УВН

- 11 – Силовой трансформатор;
- 12 – Предохранители;
- 13 – Ошиновка;

14 – Кранштейн под установку предохранителей.