

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение  
(направленность (профиль))

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Электроснабжение центра по ремонту и техническому  
обслуживанию автотранспортных средств ООО «ВолгаАвто»

Студент(ка)

Д.Ф. Газимов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.Л. Спиридонов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

Тольятти 2016

## АННОТАЦИЯ

На начальных этапах проектирования произведен анализ и выявлен основной недостаток. Произведен расчет электрических нагрузок и освещения, расчет токов короткого замыкания, выбрана схема электроснабжения предприятия, для лучшей наглядности и удобства сравнения все расчетные данные после каждого раздела сведены в таблицу. По расчетным данным были выбраны: трансформаторная подстанция без компенсирующего устройства, защитная аппаратура, сечение и длина кабеля для обеспечения питания цехов, троллейный шинопровод для кранов, расположенных в производственном корпусе и автотранспортной мастерской.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1. Расчет электрических нагрузок и освещения.....	7
1.1 Расчет электрических нагрузок.....	7
1.2 Расчет освещения.....	20
2. Расчет количества и мощности трансформаторных подстанций.....	27
3. Расчет токов короткого замыкания.....	31
3.1 Предварительный выбор элементов.....	31
3.2 Расчет параметров схемы замещения.....	32
3.3 Расчет токов короткого замыкания в точке К1.....	36
3.4 Расчет токов короткого замыкания в точке К2.....	38
3.5 Расчет токов короткого замыкания в точке К3.....	40
4. Выбор электрооборудования и проводников системы.....	42
Заключение.....	44
Список использованных источников.....	45

## ВВЕДЕНИЕ

Схемы внешнего и внутреннего электроснабжения выполняются с учетом возможности подключения дополнительной нагрузки и удобства обслуживания, особенностей работы и размещения оборудования на производстве, технологических и транспортных коммуникаций, свойств грунта и окружающей среды на территории.

Проведя анализ ситуации положения дел, выявлено:

- недостаточная освещенность в производственных помещениях и непосредственно над рабочим местом;
- электроснабжение от устаревших ТП;
- ненадежное оборудование и инструмент.

На основании анализа целями проекта является:

- обеспечить достаточную освещенность в цехах. Установим светодиодные светильники на потолках, это обеспечит общее освещение и экономичную эксплуатацию, а непосредственно над рабочей поверхностью люминесцентные лампы;
- произвести расчет нагрузок и токов короткого замыкания, по ним выбрать трансформатор в ТП и защитную аппаратуру;
- выбрать надежное оборудование и инструмент в производственные цеха.

На начальных этапах проектирования необходимо правильно подойти к выбору территориального расположения и учесть:

- возможность подключения резерва на стороне 0,4 кВ;
- удобный подъезд длинномерного транспорта на территорию парковки и ремонтной зоны.

Также нужно обратить внимание на то, что во время ремонта или замены механической части автомобиля, возможна приостановка работ, а при покрасочных работах остановки не рекомендуются. Поэтому для обеспечения бесперебойности рабочего процесса и безопасности работников окрасочной

камеры необходимо использовать надежный инструмент и оборудование. Также при выборе оборудования нужно учитывать возможные поломки, в связи с которыми может остановиться рабочий процесс. Для скорейшего восстановления работы, в резерве необходимо иметь: электродвигатели для системы вентиляции и нагревательные элементы.

## 1. Расчет электрических нагрузок и освещения

### 1.1 Расчет электрических нагрузок

1) Приводим ЭП к длительному режиму работы.

Для мостового крана:

$$P_{\text{НОМ}} = P_{\text{пасп}} \cdot \overline{ПВ}, \quad (1.1)$$
$$P_{\text{НОМ}} = 20 \cdot \overline{0,25} = 10 \text{ кВт},$$

где  $P_{\text{пасп}}$  - паспортная мощность электроприемника, кВт,

$P_{\text{НОМ}}$  - номинальная активная мощность электроприемника, кВт.

Для сварочного аппарата:

$$P_{\text{НОМ}} = P_{\text{пасп}} \cdot \cos\varphi \cdot \sqrt{ПВ}, \quad (1.2)$$
$$P_{\text{НОМ}} = 19,4 \cdot 0,6 \cdot \sqrt{0,6} = 9,02 \text{ кВт}.$$

2) Производим расчет для группы РП1:

а) определяем суммарную мощность ЭП

$$\sum P_{\text{НОМ}} = n \cdot P_{\text{НОМ}}, \quad (1.3)$$
$$\sum P_{\text{НОМ}} = 7 \cdot 9,02 + 3 \cdot 2,2 + 3 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1,8 + 2 \cdot 5,5 + 10 + 12 \cdot 7,5 + 7,5 + 4 = 200,4 \text{ кВт},$$

где  $\sum P_{\text{НОМ}}$  - суммарная мощность электроприемников, кВт,

$P_{\text{НОМ}}$  - номинальная мощность одного электроприемника, кВт,

$n$  - число электроприемников, шт.

б) определяем модуль силовой сборки

$$m = \frac{P_{номmax}}{P_{номmin}}, \quad (1.4)$$

$$m = \frac{10}{1,5} = 6,67,$$

где  $m$  – модуль силовой сборки,

$P_{номmax}$  - номинальная активная мощность наибольшего ЭП, кВт,

$P_{номmin}$  - номинальная активная мощность наименьшего ЭП, кВт.

в) по таблице находим  $K_{и}$  и  $\cos\varphi$ , затем по  $\cos\varphi$  находим  $\operatorname{tg}\varphi$ .

$$K_{и} = 0,8 \cos\varphi = 0,83 \operatorname{tg}\varphi = 0,65$$

г) определяем активную сменную мощность:

$$P_{см} = K_{и} \cdot \sum P_{ном}, \quad (1.5)$$

$$P_{см} = 0,8 \cdot 200,4 = 160,32 \text{ кВт},$$

где  $P_{см}$  - активная сменная мощность, кВт,

$K_{и}$  - коэффициент использования.

д) определяем реактивную сменную мощность:

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg}\varphi \quad (1.6)$$

$$Q_{см} = 160,32 \cdot 0,65 = 104,2 \text{ квар},$$

где  $Q_{см}$  - реактивная сменная мощность, квар.

е) коэффициент использования:

$$K_{и} = \sum P_{см} / \sum P_{ном}, \quad (1.7)$$

$$K_{и} = 160,2 / 200,4 = 0,8.$$

ж) определяем  $\operatorname{tg}\varphi$ :

$$\operatorname{tg}\varphi = \sum Q_{см} / \sum P_{см}, \quad (1.8)$$

$$\operatorname{tg}\varphi = 104,2 / 160,32 = 0,6.$$

к) находим эффективность числа  $n_3$ :

$$n_3 = 2 \sum P_{\text{ном}} / P_{\text{ном max}}, \quad (1.9)$$

$$n_3 = 2 \cdot 200,4 / 10 = 40.$$

Так как найденное  $n_3$  больше фактического числа электроприемников, то принимаем  $n_3 = n$ , т.е.  $n_3 = 31$ . По  $K_{\text{и}}$  и  $n_3$  находим  $K_{\text{max}}$ .

$$K_{\text{max}} = 1,14.$$

л) находим максимальную активную мощность:

$$P_{\text{max}} = K_{\text{max}} \cdot \sum P_{\text{см}}, \quad (1.10)$$

$$P_{\text{max}} = 1,14 \cdot 160,32 = 182,77 \text{ кВт.}$$

где  $P_{\text{max}}$  - максимальная активная мощность, кВт.

м) находим максимальную реактивную мощность. С учетом того, что  $n_3 > 10$ :

$$Q_{\text{max}} = \sum Q_{\text{см}}, \quad (1.11)$$

$$Q_{\text{max}} = 104,2 \text{ квар.}$$

где  $Q_{\text{max}}$  - максимальная реактивная мощность, квар.

н) находим полную максимальную мощность:

$$S_{\text{max}} = \sqrt{P_{\text{max}}^2 + Q_{\text{max}}^2}, \quad (1.12)$$

$$S_{\text{max}} = \sqrt{200,4^2 + 104,2^2} = 225,87 \text{ кВА.}$$

п) находим максимальный ток:

$$I_{\max} = S_{\max} / \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} , \quad (1.13)$$

$$I_{\max} = 225,87 / \sqrt{3} \cdot 0,4 = 326 \text{ А.}$$

3) Производим расчет для группы РП2:

а) определяем суммарную мощность электроприемников:

$$\sum P_{\text{ном}} = n \cdot P_{\text{ном}} , \quad (1.14)$$

$$\sum P_{\text{ном}} = 3 \cdot 9,02 + 3 \cdot 1,5 + 3 \cdot 2,2 + 16 \cdot 7,5 + 10 + 2 \cdot 5,5 + 2 \cdot 9 + 2 \cdot 4 + 3 \cdot 7,5 = 227,66 \text{ кВт},$$

где  $\sum P_{\text{ном}}$  - суммарная мощность электроприемников, кВт,

$P_{\text{ном}}$  - номинальная мощность одного электроприемника, кВт,

$n$  - число электроприемников, шт.

б) определяем модуль силовой сборки:

$$m = \frac{P_{\text{номmax}}}{P_{\text{номmin}}} , \quad (1.15)$$

$$m = \frac{10}{1,5} = 6,67 ,$$

где  $m$  - модуль силовой сборки,

$P_{\text{номmax}}$  - номинальная активная мощность наибольшего ЭП, кВт,

$P_{\text{номmin}}$  - номинальная активная мощность наименьшего ЭП, кВт.

в) определяем активную сменную мощность:

$$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} \cdot \sum P_{\text{ном}} , \quad (1.16)$$

$$P_{\text{см}} = 0,8 \cdot 227,66 = 182,13 \text{ кВт},$$

где  $P_{\text{см}}$  - активная сменная мощность, кВт,

$K_{\text{и}}$  - коэффициент использования.

г) определяем реактивную сменную мощность:

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi, \quad (1.17)$$

$$Q_{\text{см}} = 182,13 \cdot 0,65 = 118,4 \text{ квар},$$

где  $Q_{\text{см}}$  – реактивная сменная мощность, квар.

д) рассчитываем коэффициент использования:

$$K_{\text{и}} = \sum P_{\text{см}} / \sum P_{\text{ном}}, \quad (1.18)$$

$$K_{\text{и}} = 182,13 / 227,66 = 0,8.$$

е) определяем  $\text{tg}\varphi$ :

$$\text{tg}\varphi = \sum Q_{\text{см}} / \sum P_{\text{см}}, \quad (1.19)$$

$$\text{tg}\varphi = 118,4 / 182,13 = 0,65.$$

ж) находим эффективность числа  $n_3$ :

$$n_3 = 2 \sum P_{\text{ном}} / P_{\text{ном max}}, \quad (1.20)$$

$$n_3 = 2 \cdot 227,66 / 10 = 45,5.$$

Так как найденное  $n_3$  больше фактического числа электроприемников, то принимаем  $n_3 = n$ , т.е.  $n_3 = 35$ . По  $K_{\text{и}}$  и  $n_3$  находим  $K_{\text{max}}$ .

$$K_{\text{max}} = 1,14.$$

к) находим максимальную активную мощность:

$$P_{\text{max}} = K_{\text{max}} \cdot \sum P_{\text{см}}, \quad (1.21)$$

$$P_{\text{max}} = 1,14 \cdot 182,13 = 207,63 \text{ кВт}.$$

где  $P_{\text{max}}$  - максимальная активная мощность, кВт.

л) находим максимальную реактивную мощность. С учетом того, что  $n_3 > 10$ :

$$Q_{\max} = \sum Q_{\text{см}}, \quad (1.22)$$

$$Q_{\max} = 118,4 \text{ квар.}$$

где  $Q_{\max}$  - максимальная реактивная мощность, квар.

м) находим полную максимальную мощность:

$$S_{\max} = \sqrt{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2} \text{ кВА}, \quad (1.23)$$

$$S_{\max} = \sqrt{207,63^2 + 118,4^2} \text{ кВА},$$

$$S_{\max} = 239,01 \text{ кВА}.$$

н) находим максимальный ток:

$$I_{\max} = S_{\max} / \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}, \quad (1.24)$$

$$I_{\max} = 239,01 / \sqrt{3} \cdot 0,4 = 345 \text{ А}.$$

4) Производим расчет для группы РПЗ:

а) определяем суммарную мощность электроприемников:

$$\sum P_{\text{НОМ}} = n \cdot P_{\text{НОМ}}, \quad (1.25)$$

$$\sum P_{\text{НОМ}} = 5,5 + 2 \cdot 4,3 = 14,1 \text{ кВт},$$

где  $\sum P_{\text{НОМ}}$  - суммарная мощность электроприемников, кВт,

$\sum P_{\text{НОМ}}$  - номинальная мощность одного электроприемника, кВт,

$n$  - число электроприемников, шт.

б) определяем модуль силовой сборки:

$$m = \frac{P_{\text{комmax}}}{P_{\text{комmin}}}, \quad (1.26)$$

$$m = \frac{5,5}{4,3} = 1,28,$$

где  $m$  - модуль силовой сборки,

$P_{номmax}$  - номинальная активная мощность наибольшего ЭП, кВт,

$P_{номmin}$  - номинальная активная мощность наименьшего ЭП, кВт.

в) определяем активную сменную мощность:

$$P_{см} = K_{и} \cdot \sum P_{ном}, \quad (1.27)$$
$$P_{см} = 0,8 \cdot 14,1 = 11,3 \text{ кВт},$$

где  $P_{см}$  - активная сменная мощность, кВт,

$K_{и}$  - коэффициент использования.

г) определяем реактивную сменную мощность:

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \text{tg}\varphi, \quad (1.28)$$
$$Q_{см} = 11,3 \cdot 0,65 = 7,33 \text{ квар}$$

где  $Q_{см}$  - реактивная сменная мощность, квар.

д) коэффициент использования:

$$K_{и} = \sum P_{см} / \sum P_{ном}, \quad (1.29)$$
$$K_{и} = 11,3 / 14,1 = 0,80.$$

ж) определяем  $\text{tg}\varphi$ :

$$\text{tg}\varphi = \sum Q_{см} / \sum P_{см}, \quad (1.30)$$
$$\text{tg}\varphi = 7,33 / 11,3 = 0,65.$$

к) находим эффективность числа  $n_3$ , при этом  $n_3$  считаем равным фактическому, т.к. выполняется условие  $m \leq 3 : n_3 = 3$

По  $K_{и}$  и  $n_3$  находим  $K_{max} = 1,14$

л) находим максимальную активную мощность:

$$P_{\max} = K_{\max} \cdot \sum P_{\text{см}}, \quad (1.31)$$

$$P_{\max} = 1,14 \cdot 11,3 = 12,88 \text{ кВт.}$$

м) находим максимальную реактивную мощность. С учетом того, что выполняется условие  $n_3 < 10$ :

$$Q_{\max} = 1,1 \cdot \sum Q_{\text{см}}, \quad (1.32)$$

$$Q_{\max} = 1,1 \cdot 7,33,$$

$$Q_{\max} = 8 \text{ квар.}$$

н) находим полную максимальную мощность:

$$S_{\max} = \overline{P_{\max}^2} + Q_{\max}^2 \quad (1.33)$$

$$S_{\max} = \overline{12,88^2} + 8^2 \text{ кВА,}$$

$$S_{\max} = 15,2 \text{ кВА.}$$

п) находим максимальный ток:

$$I_{\max} = S_{\max} / \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}, \quad (1.34)$$

$$I_{\max} = 15,2 / \sqrt{3} \cdot 0,4 = 22 \text{ А.}$$

5) Производим расчет для группы РП4:

а) определяем суммарную мощность электроприемников:

$$\sum P_{\text{ном}} = n \cdot P_{\text{ном}}, \quad (1.35)$$

$$\sum P_{\text{ном}} = 5,5 + 4 \cdot 1,5 = 11,5 \text{ кВт,}$$

где  $\sum P_{\text{ном}}$  - суммарная мощность электроприемников, кВт,

$P_{\text{ном}}$  - номинальная мощность одного электроприемника, кВт,

n - число электроприемников, шт.

б) определяем модуль силовой сборки:

$$m = \frac{P_{номmax}}{P_{номmin}}, \quad (1.36)$$
$$m = \frac{P_{номmax}}{P_{номmin}} = \frac{5,5}{1,5} = 3,67,$$

где m - модуль силовой сборки,

$P_{номmax}$  - номинальная активная мощность наибольшего ЭП, кВт,

$P_{номmin}$  - номинальная активная мощность наименьшего ЭП, кВт.

в) определяем активную сменную мощность:

$$P_{см} = K_{и} \cdot \sum P_{ном}, \quad (1.37)$$
$$P_{см} = 0,8 \cdot 11,5 = 9,2 \text{ кВт},$$

где  $P_{см}$  - активная сменная мощность, кВт,

$K_{и}$  - коэффициент использования.

г) определяем реактивную сменную мощность:

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \text{tg}\varphi, \quad (1.38)$$
$$Q_{см} = 9,2 \cdot 0,65 = 6 \text{ квар},$$

где  $Q_{см}$  - реактивная сменная мощность, квар.

д) коэффициент использования:

$$K_{и} = \sum P_{см} / \sum P_{ном}, \quad (1.39)$$
$$K_{и} = 9,2 / 11,5 = 0,80.$$

е) определяем  $\text{tg}\varphi$ :

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}\varphi &= \sum Q_{\text{см}} / \sum P_{\text{см}} , \\ \operatorname{tg}\varphi &= 6 / 9,2 = 0,65. \end{aligned} \quad (1.40)$$

ж) находим эффективность числа  $n_3$ :

$$\begin{aligned} n_3 &= 2 \sum P_{\text{ном}} / P_{\text{ном max}} , \\ n_3 &= 2 \cdot 11,5 / 5,5 = 4. \end{aligned} \quad (1.41)$$

По  $K_{\text{и}}$  и  $n_3$  находим  $K_{\text{max}} = 1,14$ .

к) находим максимальную активную мощность:

$$\begin{aligned} P_{\text{max}} &= K_{\text{max}} \cdot \sum P_{\text{см}} , \\ P_{\text{max}} &= 1,14 \cdot 9,2 = 10,5 \text{ кВт}. \end{aligned} \quad (1.42)$$

л) находим максимальную реактивную мощность. С учетом того, что  $n_3 > 10$ :

$$\begin{aligned} Q_{\text{max}} &= \sum Q_{\text{см}} , \\ Q_{\text{max}} &= 6 \text{ квар}. \end{aligned} \quad (1.43)$$

м) находим полную максимальную мощность:

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= \overline{P_{\text{max}}^2} + Q_{\text{max}}^2 , \\ S_{\text{max}} &= \overline{10,5^2} + 6^2 \text{ кВА}, \\ S_{\text{max}} &= 12 \text{ кВА}. \end{aligned} \quad (1.44)$$

н) находим максимальный ток:

$$I_{\text{max}} = S_{\text{max}} / \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} , \quad (1.45)$$

$$I_{\max} = 12 / \sqrt{3} \cdot 0,4 = 17 \text{ A.}$$

6) Рассчитываем суммарную номинальную мощность по всему производству:

$$\sum P_{\text{ном}} = 200,4 + 227,66 + 14,1 + 11,5 = 453,66 \text{ кВт.} \quad (1.46)$$

7) Рассчитываем суммарную активную сменную мощность:

$$\sum P_{\text{см}} = 160,32 + 182,13 + 11,3 + 9,2 = 362,95 \text{ кВт.} \quad (1.47)$$

8) Рассчитываем суммарную реактивную сменную мощность:

$$\sum Q_{\text{см}} = 104,2 + 118,4 + 7,33 + 6 = 235,93 \text{ квар.} \quad (1.48)$$

Полученные данные сводим в таблицу 1.

Таблица 1- Расчетные значения нагрузок

№ п/п	Наименование узла питания или группы электроприемников	N	Установленная мощность приведенная к ПВ=100%		m	Ки	$\frac{\cos\varphi}{tg\varphi}$	Средние нагрузки		n <sub>3</sub>	K <sub>м</sub>	Расчетные нагрузки			I <sub>max</sub> , А
			одного ЭП $\frac{P_{нmax}}{P_{нmin}}$ кВт	всех ЭП P <sub>н</sub> , кВт				P <sub>см.</sub> кВт	Q <sub>см.</sub> квар			P <sub>max</sub> кВт	Q <sub>max.</sub> квар	S <sub>max</sub> кВА	
1	сварочный аппарат	7	9,02	45,1	6	0,65	0,8/0,75	1,94	5						
2	сверлильный станок	3	2,2	6,6		0,12	0,5/1,73	0,52	0,94						
3	заточной станок	3	1,5	4,5		0,11	0,41/2,2	0,32	0,79						
4	шиномонтажный стенд	2	1,8	3,6		0,22	0,5/1,55	0,6	1,2						
5	компрессорная установка	2	5,5	11		0,32	0,7/0,65	1,8	2,3						
6	кран мостовой	1	10	10		0,10	0,8/0,72	3	2,25						
7	подъемник	12	7,5	90		0,19	0,65/1,62	2,5	3,4						
	итого по автотранспортной мастерской (РП1)	31	37,52	200,4	6,67	0,8	0,83/0,65	160,32	104,2	31	1,14	182,77	104,2	225,87	326
1	сварочный аппарат	3	9,02	27,06	6	0,65	0,8/0,75	1,94	5						
2	заточной станок	3	1,5	4,5		0,11	0,41/2,2	0,32	0,79						
3	сверлильный станок	3	2,2	6,6		0,12	0,5/1,73	0,52	0,94						
4	подъемник	16	7,5	120		0,19	0,65/1,62	2,5	3,4						
5	кран мостовой	1	10	10		0,10	0,8/0,72	3	2,25						

6	компрессорная установка	2	5,5	11		0,32	0,7/0,65	1,8	2,3						
7	токарный станок	2	9	18		0,12	0,65/1,73	3,2	4,1						
8	расточной станок	2	4	8		0,11	0,41/2,2	0,32	0,79						
9	фрезерный станок	3	7,5	22,5		0,11	0,55/0,78	2,3	3,1						
	итого по производственному корпусу(РП2)	35	56,22	227,66	6,67	0,8	0,83 /0,65	182,13	118,4	35	1,14	207,63	118,4	239,01	345
1	компрессорная установка	1	5,5	5,5		0,32	0,7/0,65	1,8	2,3						
2	керхер	2	4,3	8,6		0,78	0,8/0,93	3,6	4,1						
	итого по автомойке(РП3)	3	9,8	14,1	1,28	0,8	0,83/0,65	11,3	7,33	3	1,14	12,88	8	15,2	22
1	вытяжка	4	1,5	6		0,65	0,8/0,75	1,1	3,25						
2	компрессорная установка	1	5,5	5,5		0,32	0,7/0,65	1,8	2,3						
	итого по покрасочной камере (РП4)	5	7	11,5		0,8	0,83/0,65	9,2	6	4	1,14	10,5	6	12	17
	итого по производству	74	110,54	453,66	3,67			362,95	235,93	73	1,14	413,78	236,6	492,08	710

## 1.2 Расчет освещения

Расчет освещения произведем в программе DIALux в четыре этапа:

а) производственный корпус: длина 50м, ширина 25м, высота 10м. Коэффициенты отражения: потолок 70% , стены 50%, пол 20%. Значения освещенности представлены на рисунке 1 и рисунке 2. Количество и мощность светильников, а также все расчетные значения сведены в таблицу 2, все использованные светильники представлены на рисунке 9.

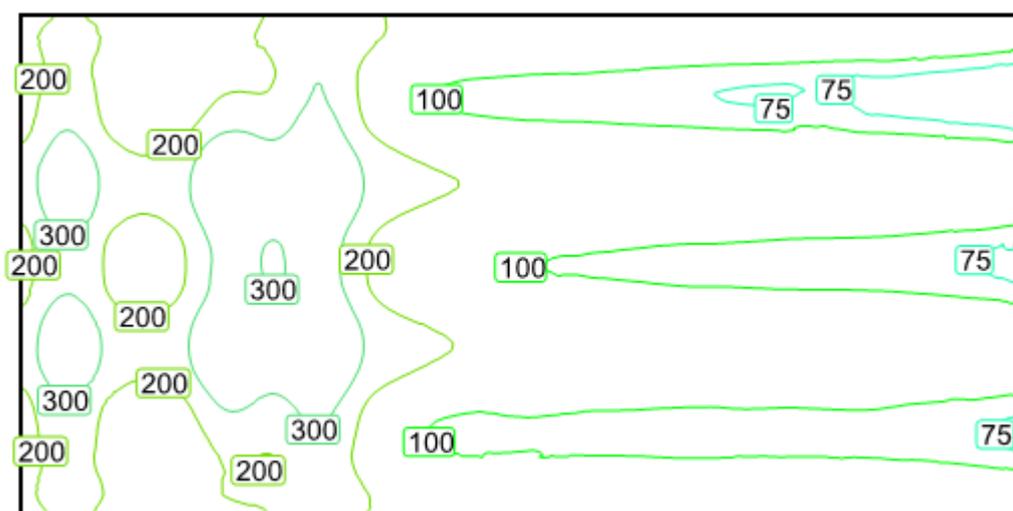


Рисунок 1 – Сводка освещенности для производственного корпуса

+228	+129	+173	+283	+139	+122	+117	+108	+104	+96	+90
+284	+129	+273	+335	+127	+107	+101	+96	+90	+89	+78
+373	+226	+427	+429	+218	+197	+189	+186	+177	+175	+162
+286	+146	+346	+350	+135	+110	+106	+100	+96	+92	+85
+324	+178	+379	+388	+170	+143	+141	+135	+131	+131	+123
+361	+222	+418	+416	+209	+187	+182	+178	+176	+177	+164
+262	+119	+256	+300	+109	+94	+91	+87	+89	+91	+82
+242	+161	+205	+255	+168	+159	+158	+157	+158	+157	+149

Рисунок 2 – График освещенности по вертикали

б) автотранспортная мастерская: длина 25м, ширина 20м, высота 10м. Коэффициенты отражения: потолок 70% , стены 50%, пол 20%. Значения освещенности представлены на рисунке 3 и рисунке 4. Количество и мощность светильников, а также все расчетные значения сведены в таблицу 2, все использованные светильники представлены на рисунке 9.

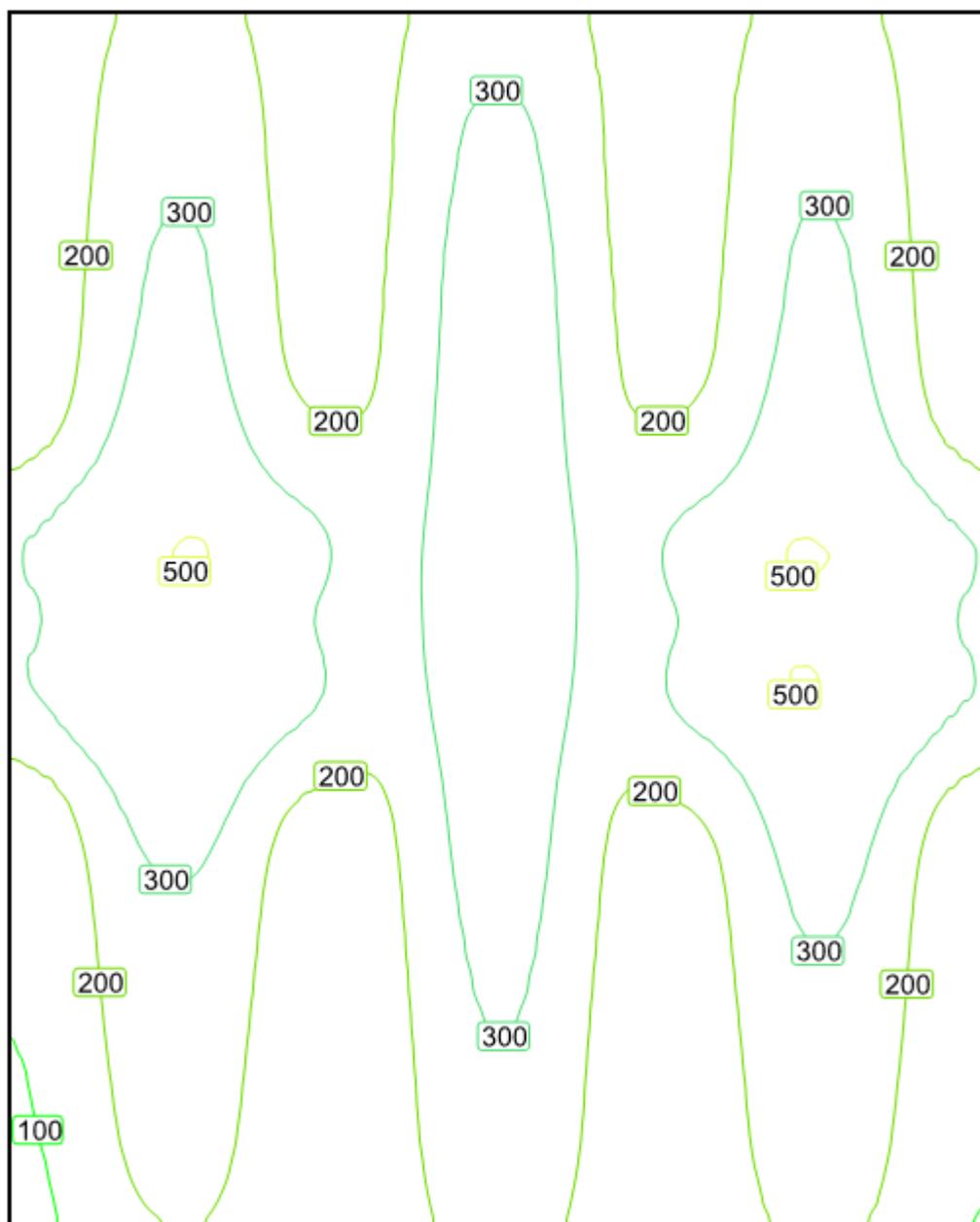


Рисунок 3 – Сводка освещенности для автотранспортной мастерской

+131	+239	+242	+169	+191	+285	+251	+171	+190	+257	+182
+138	+259	+260	+174	+196	+307	+263	+176	+199	+280	+198
+141	+273	+273	+175	+200	+320	+275	+177	+204	+295	+204
+146	+285	+286	+179	+203	+332	+284	+181	+212	+307	+216
+148	+294	+293	+183	+209	+337	+293	+183	+218	+314	+221
+158	+306	+307	+190	+211	+344	+297	+188	+229	+328	+236
+181	+332	+334	+209	+222	+352	+307	+201	+253	+356	+258
+249	+399	+403	+266	+239	+359	+313	+235	+320	+420	+327
+314	+475	+481	+333	+257	+365	+323	+278	+389	+499	+405
+309	+456	+468	+317	+257	+365	+326	+272	+388	+483	+398
+317	+468	+478	+324	+254	+361	+321	+275	+395	+494	+409
+287	+440	+447	+299	+237	+351	+309	+257	+367	+473	+384
+199	+349	+348	+216	+212	+339	+293	+208	+280	+383	+290
+150	+298	+297	+174	+192	+327	+282	+179	+230	+334	+243
+131	+277	+274	+158	+181	+315	+272	+168	+210	+311	+223
+122	+261	+260	+150	+174	+306	+263	+162	+199	+299	+212
+115	+249	+249	+144	+167	+297	+252	+156	+190	+288	+203
+110	+236	+235	+140	+164	+285	+241	+153	+182	+274	+192
+105	+219	+222	+138	+161	+269	+231	+150	+177	+258	+182
+98	+197	+201	+132	+155	+245	+214	+143	+166	+230	+167

Рисунок 4 - График освещенности по вертикали

в) мойка грузовых автомобилей: длина 35м, ширина 20м, высота 5м. Коэффициенты отражения: потолок 70% , стены 50%, пол 20%. Значения освещенности представлены на рисунке 5 и рисунке 6. Количество и мощность светильников, а также все расчетные значения сведены в таблицу 2, все использованные светильники представлены на рисунке 9.

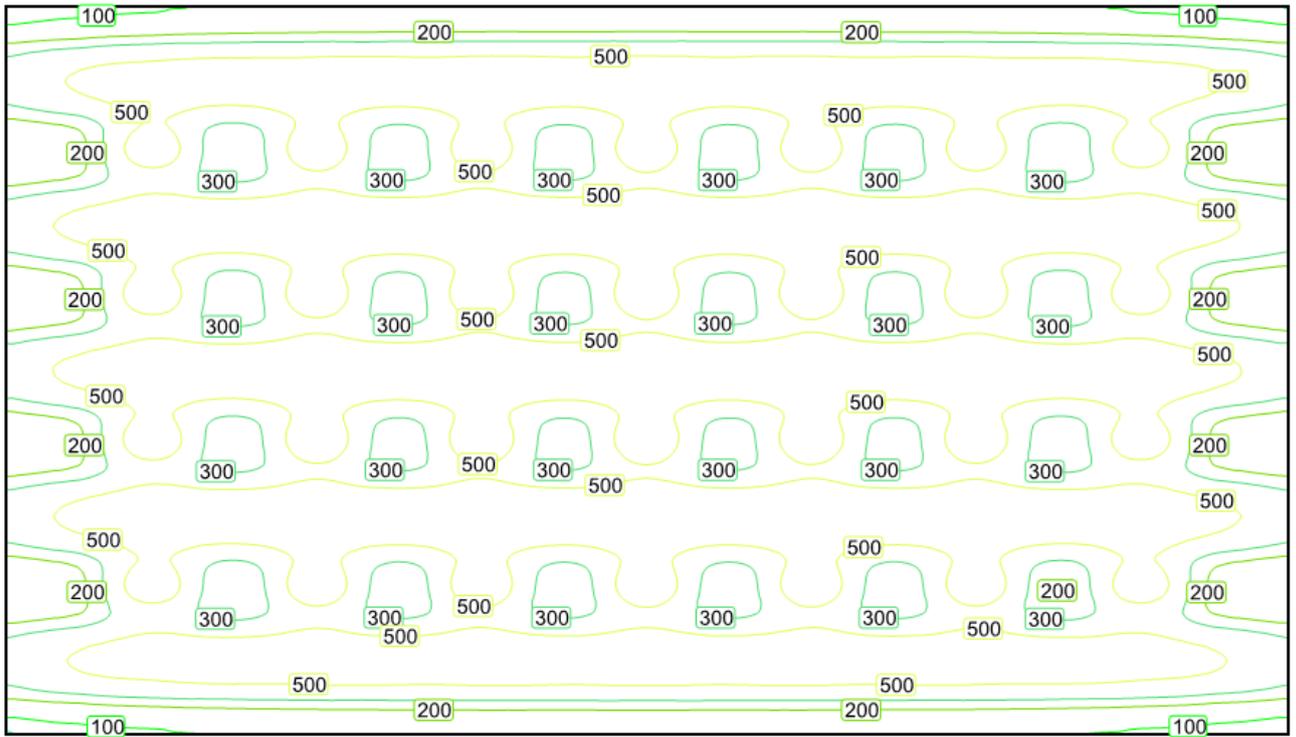


Рисунок 5 – Сводка освещенности для автомойки

+237	+285	+322	+336	+348	+356	+355	+359	+356	+365	+365	+368	+367	+366	+364	+358	+360	+341	+333	+307	+260
+409	+533	+603	+605	+611	+651	+613	+634	+647	+603	+659	+625	+621	+661	+607	+631	+633	+600	+611	+571	+476
+137	+232	+548	+265	+355	+556	+242	+484	+475	+246	+566	+358	+287	+576	+273	+372	+546	+228	+474	+424	+156
+174	+247	+439	+295	+344	+453	+286	+413	+410	+290	+462	+351	+314	+474	+305	+355	+443	+272	+393	+354	+192
+434	+565	+633	+648	+652	+686	+659	+671	+688	+649	+697	+666	+663	+697	+651	+674	+667	+647	+647	+603	+509
+207	+297	+528	+352	+411	+547	+345	+496	+490	+344	+553	+419	+374	+567	+363	+425	+534	+325	+474	+422	+233
+137	+228	+518	+260	+341	+523	+240	+459	+451	+246	+534	+346	+283	+546	+271	+357	+515	+227	+446	+402	+157
+415	+539	+613	+615	+624	+662	+624	+648	+659	+617	+670	+639	+634	+672	+623	+643	+647	+611	+621	+580	+479
+306	+414	+569	+483	+522	+598	+496	+574	+574	+499	+608	+536	+514	+618	+507	+536	+591	+481	+548	+503	+352
+126	+227	+576	+267	+354	+589	+232	+503	+512	+234	+597	+374	+284	+600	+264	+393	+577	+215	+514	+445	+148
+324	+426	+537	+497	+522	+576	+516	+559	+561	+517	+583	+539	+527	+589	+520	+538	+566	+501	+533	+490	+378
+397	+525	+623	+600	+616	+667	+610	+648	+656	+603	+676	+630	+619	+678	+607	+634	+652	+595	+622	+579	+465
+126	+229	+569	+258	+358	+580	+228	+505	+495	+233	+589	+360	+280	+594	+265	+378	+571	+214	+497	+447	+147
+212	+284	+434	+337	+376	+455	+341	+427	+422	+338	+458	+383	+356	+467	+348	+384	+446	+320	+405	+366	+235
+414	+528	+568	+600	+598	+619	+613	+611	+627	+602	+627	+612	+613	+625	+601	+617	+602	+602	+588	+551	+483
+133	+152	+166	+173	+180	+185	+187	+189	+190	+189	+191	+190	+189	+190	+187	+186	+182	+176	+168	+154	+138

Рисунок 6 – График освещенности по вертикали

г) покрасочная камера: длина 20м, ширина 15м, высота 5м. Коэффициенты отражения: потолок 70% , стены 50%, пол 20%. Значения освещенности представлены на рисунке 7 и рисунке 8. Количество и мощность светильников, а также все расчетные значения сведены в таблицу 2, все использованные светильники представлены на рисунке 9.

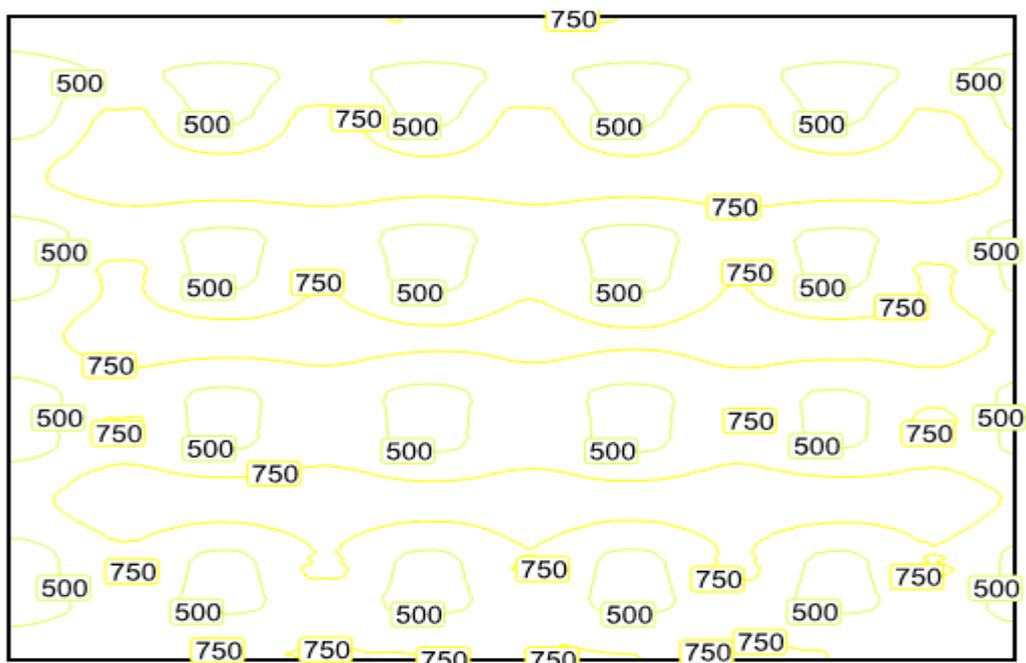


Рисунок 7 – Сводка освещенности для покрасочной камеры

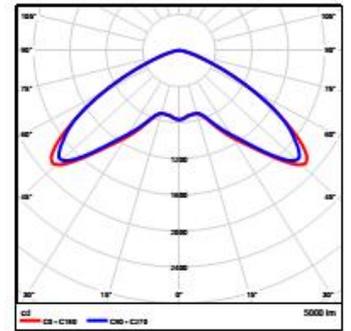
+466	+585	+521	+600	+532	+569	+561	+529	+591	+519	+577
+437	+763	+431	+776	+476	+683	+634	+506	+774	+433	+757
+735	+854	+805	+861	+804	+826	+833	+805	+872	+802	+838
+543	+679	+597	+676	+589	+633	+634	+600	+679	+600	+662
+428	+766	+414	+748	+441	+645	+595	+471	+745	+422	+757
+702	+817	+761	+804	+747	+766	+766	+745	+814	+762	+804
+576	+716	+619	+706	+610	+663	+647	+627	+712	+648	+720
+422	+753	+409	+733	+435	+635	+587	+470	+742	+435	+760
+684	+806	+756	+800	+746	+764	+766	+749	+812	+759	+793
+624	+779	+686	+791	+702	+746	+740	+702	+800	+681	+789
+413	+730	+401	+737	+455	+641	+599	+477	+733	+411	+736
+613	+707	+680	+733	+689	+704	+712	+686	+731	+685	+699

Рисунок 8 – График освещенности по вертикали

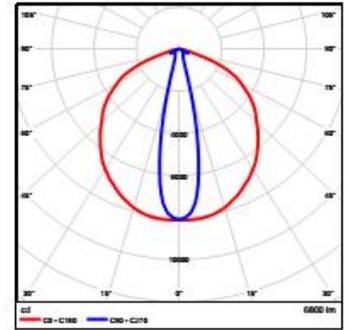
Таблица 2 – Светотехническая ведомость

Номер п/п	Наименование помещения	S, м <sup>2</sup>	E, Лк	Тип светильника	Количество светильников	Мощность светильника	Общая мощность, ВА
1	Производственный корпус	1250	400	Hella il 2x1 il2 PLUS 600	28	34	952
			2500	Hella Eil Bs11 EcoLine Box	12	25	300
			6800	Hella Eil QSW4 Ec	28	84	2352
			5000	Hella Eil Frl2 Eco Frame 2	12	50	600
2	Автотранспортная мастерская	500	5000	Hella Eil Frl2 Eco Frame 2	16	50	800
			6800	Hella Eil QSW4 Ec	12	84	1008
			400	Hella il 2x1 il2 PLUS 600	8	34	272
3	Мойка грузовых автомобилей	700	6800	Hella Eil QSW4 Eco	45	84	3780
			400	Hella il 2x1 il2 PLUS 600	28	34	2352
4	Покрасочная камера	300	2500	Hella Eil Bs11 EcoLine Box	30	25	750
			6800	Hella Eil QSW4 Eco	30	84	2520
			400	Hella il 2x1 il2 PLUS 600	20	34	68
Итого:		2750			269		15686

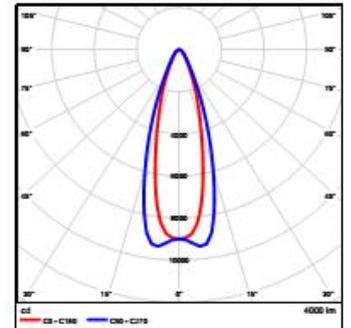
HELLA EIL\_FRI2 Eco IndustryLine Frame 2  
recessed (I)  
Абсолютная фотометрия



HELLA EIL\_QSW4 Eco IndustryLine Quad  
Luminaire surface-mounted (W)  
Абсолютная фотометрия



HELLA IL\_IL2XN1 IL2 PLUS 600mm (XN)  
Абсолютная фотометрия



HELLA EIL\_BSI1 Eco IndustryLine Box surface-  
mounted (I)  
Абсолютная фотометрия

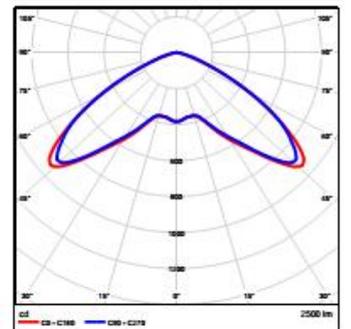


Рисунок 9 – Светильники

## 2. Расчет количества и мощности трансформаторных подстанций с учетом компенсации реактивной мощности.

«ВолгаАвто» является потребителем третьей группы надежности. В непосредственной близости находится КТП ПС69 1103/100, запитанной от подстанции 110/6 «ПС-69», ф-11. Так как есть возможность подключения резерва на стороне 0,4 кВ кабельной линией, то рассматривать будем только однотрансформаторную подстанцию.

1) Расчет минимальной мощности трансформатора

$$a = \frac{S_{max}}{F_{ц}}, \text{ кВА/м}^2 \quad (2.1)$$
$$a = \frac{492,08}{2750} = 0,18 \text{ кВА/м}^2$$

где  $a$  – удельная плотность нагрузки,

$S_{max}$  – расчетная мощность производства,

$F_{ц}$  – площадь всех помещений.

Минимальную мощность трансформатора выбираем по удельной плотности нагрузки, руководствуясь таблицей 3.

Таблица 3 – Номинальные мощности трансформаторов в зависимости от удельной плотности нагрузки

Удельная плотность нагрузки, кВА/м <sup>2</sup>	Номинальная мощность трансформатора, кВА
0,05 – 0,1	630
0,1 – 0,2	1000
0,2 - ,03	1600
>0,3	2500

## 2) Определяем количество трансформаторов

Коэффициент загрузки трансформатора для потребителей третьей группы надежности равен  $K_3 = 0,9$

$$N_T = \frac{P_{max}}{K_3 \cdot S_{ном.т}}, \quad (2.2)$$

$$N_T = \frac{413,78}{0,9 \cdot 630} = 0,73$$

где  $P_{max}$  - расчетная активная нагрузка,

$K_3$  – коэффициент загрузки трансформатора,

$S_{ном.т}$  – номинальная мощность трансформатора.

К установке принимаем трансформатор ТМГ 630 кВА, у которого обмотка высокого напряжения соединена в звезду, а обмотка низкого напряжения в звезду с выделенной нейтралью. Технические данные указаны в таблице 4, изображение трансформатора – рисунок 10.

Таблица 4 – Технические данные трансформатора ТМГ 630кВА производственно-коммерческой группы «РусТранс»

Мощность , кВА	630
Номинальное напряжение, кВ	10(6)/0,4
Схема соединения обмоток	У/Ун-0
Потери холостого хода, кВт	1,0
Потери короткого замыкания, кВт	7,6
Напряжение короткого замыкания, %	5,5
Ток холостого хода, %	0,6
Длина, мм	1482
Ширина, мм	862
Высота, мм	1695
Полная масса, кг	1850



Рисунок 10 – Трансформатор ТМГ 630кВА

3) Рассчитываем потери в трансформаторе

а) потери активной мощности трансформатора, кВт

$$\Delta P_T = \Delta P_{x,x} + K_3^2 \cdot \Delta P_{к.з}, \quad (2.3)$$

$$\Delta P_T = 1 + 0,9^2 \cdot 7,6 = 7,2 \text{ кВт}$$

б) потери реактивной мощности, квар

$$\Delta Q_T = I_{x,x} + K_3^2 \cdot \Delta P_{к.з}, \quad (2.4)$$

$$\Delta Q_T = (0,6 + 0,9^2 \cdot 7,6) \cdot \frac{1600}{100} = 108,8 \text{ квар}$$

где  $\Delta P_{x,x}$  – потери на холостом ходу трансформатора,

$K_3$  – коэффициент загрузки,

$\Delta P_{к.з}$  – потери напряжения при коротком замыкании.

4) Определяем расчетную нагрузку в корпусе с учетом потерь в трансформаторе

а) расчетная активная нагрузка

$$P_p = P_{p\Sigma} + \Delta P_T, \quad (2.5)$$

$$P_p = 413,78 + 7,2 = 420,98 \text{ кВт}$$

б) расчетная реактивная нагрузка

$$Q_p = Q_{p\Sigma} + \Delta Q_T, \quad (2.6)$$

$$Q_p = 236,6 + 108,8 = 345,4 \text{ квар}$$

5) Рассчитываем реактивную мощность за минимально нагруженную смену центра

$$Q_{\min} = Q_p \cdot 0,5, \quad (2.7)$$

$$Q_{\min} = 345,4 \cdot 0,5 = 172,7 \text{ квар}$$

б) Находим реактивную мощность необходимую для передачи компенсирующим устройством в сеть 0,4 кВт

$$Q_T = \sqrt{N_m \cdot K_s \cdot S_{\text{нм}}^2 - P_{p\Sigma}^2}, \quad (2.8)$$

$$Q_T = \sqrt{1 \cdot 0,9 \cdot 630^2 - 413,78^2} = 387,7 \text{ квар}$$

7) Рассчитываем мощность компенсирующего устройства

$$Q_{\text{кв}} = Q_{p\Sigma} - Q_T, \quad (2.9)$$

$$Q_{\text{кв}} = 236,6 - 387,7 = -151,1 \text{ квар.}$$

Так как расчетная мощность компенсирующего устройства меньше 100квар, то компенсирующее устройство не устанавливаем.

### 3. Расчет токов короткого замыкания.

Короткие замыкания делятся на несколько видов, но все они характеризуются резким повышением величины тока и выводом из строя отдельных потребителей подключенных к точке, в которой произошло короткое замыкание. Зачастую короткие замыкания сопровождаются нарушением нормальной работы всей энергосистемы и потребителей подсоединенных к другим точкам.

Для предотвращения и уменьшения вреда причиненного КЗ необходимо: правильно и как можно точнее рассчитать их, выбрать защитную аппаратуру, принять меры для устранения причин вызывающих КЗ и для быстрого восстановления напряжения.

Существуют также ударные токи, величина которых достигает высоких значений. Для защиты необходимо обеспечить все элементы системы достаточной динамикой и устойчивостью, чтобы противостоять механическим воздействиям, возникающим в токопроводящих частях отдельных электроприемниках. Для расчетов необходимо знать параметры всех элементов.

#### 3.1 Предварительный выбор элементов по известным номинальным данным.

1)Троллейный шинопровод.

$$I_p = \frac{P_k}{\sqrt{3} \cdot U_k \cdot \cos\varphi}, \quad (3.1)$$
$$I_p = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 12,03 \text{ А}$$

Выбираем троллейный шинопровод  $I_n = 100 \text{ А}$ .

2) Кабельные линии. Представим в таблице 5.

Таблица 5 – Данные сечения и длины кабеля

Расчетный ток, А	Наименование РП	Маркировка кабеля и число жил	Длина кабеля, м
326	РП- 1	ВВГ 3x70	20
345	РП- 2	ВВГ3x95	40
22	РП- 3	АВВГ3x4	25
17	РП- 4	АВВГ3x3	30

3) Выбор защитной аппаратуры представим в таблице 6.

Таблица 6 – Данные автоматических выключателей.

Расчетный ток, А	Наименование РП	Маркировка выключателя	Номинальный ток выключателя, А	Ток теплового расцепителя, А
326	РП- 1	ВА 04-36 340010	400	320
345	РП- 2	ВА 04-36 340010	400	320
22	РП- 3	В25-1Р	25	20
17	РП- 4	В20-1Р	20	15

### 3.2 Расчет параметров схемы замещения

1) Расчет системы:

$$X_c = \frac{U_{\text{ВН}}^2 \cdot 10^3}{S_k}, \quad (3.2)$$

$$X_c = \frac{0,4^2 \cdot 10^3}{100} = 1,6 \text{ МОм}$$

Электрическая схема представлена на рисунке 11, а схема замещения представлена на рисунке 12.

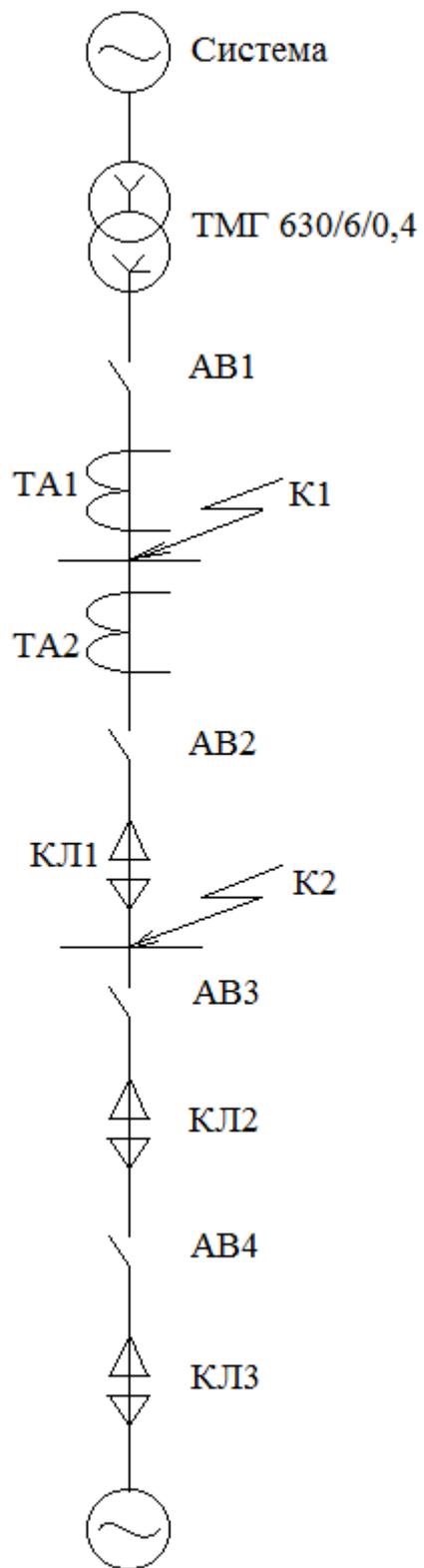


Рисунок 11 – Электрическая схема

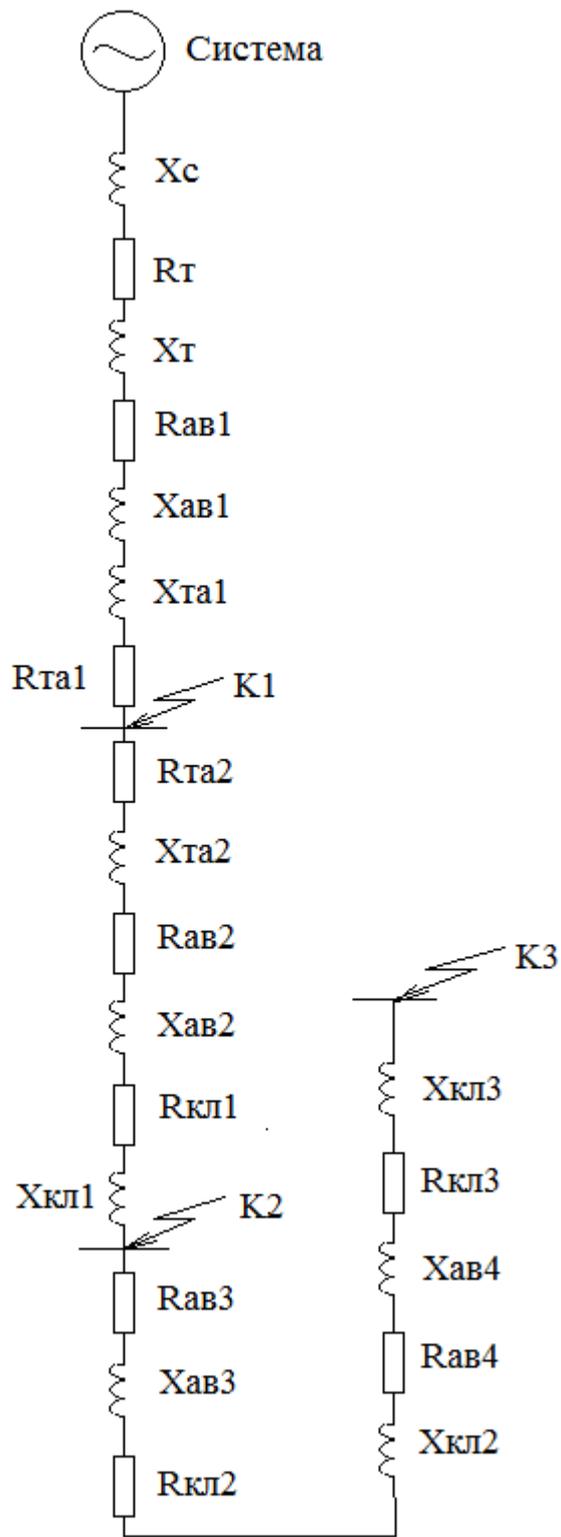


Рисунок 12 – Электрическая схема замещения

2) Расчет для трансформатора. Технические данные в таблице 4.

$$r_T = \frac{R_K \cdot U_{HH}^2 \cdot 10^6}{S_H^2}, \quad (3.3)$$

$$r_T = \frac{7,6 \cdot 0,4^2 \cdot 10^6}{630^2} = 3,06 \text{ мОм}$$

$$x_T = \sqrt{U_K^2 - \frac{100 \cdot P_K}{S_H} \cdot \frac{U_{HH}^2}{S_H}} \cdot 10^4, \quad (3.4)$$

$$x_T = \sqrt{5,5^2 - \frac{100 \cdot 7,6}{630} \cdot \frac{0,4^2}{630}} \cdot 10^4 = 27,2 \text{ мОм}$$

3) Автоматические выключатели АВ- 1 и АВ- 2.

Номинальные токи равны 400А.

$$x_{KB} = 0,4 \text{ мОм}; r_{KB} = 1,0 \text{ мОм}$$

4) Автоматический выключатель АВ- 3.

Номинальный ток отключения 25А.

$$r_{KB} = 3,0 \text{ мОм}; x_{KB} = 1,6 \text{ мОм}$$

5) Автоматический выключатель АВ- 4.

Номинальный ток отключения 20А.

$$r_{KB} = 3,2 \text{ мОм}; x_{KB} = 1,8 \text{ мОм}.$$

б) Расчет для кабельной линии КЛ 1.

$$x_0 = 0,061 \text{ мОм/м}; r_0 = 0,256 \text{ мОм/м}; L = 20 \text{ м};$$

$$r_{KL1} = r_0 \cdot L; \quad (3.5)$$

$$r_{KL1} = 0,256 \cdot 20 = 5,12 \text{ мОм}.$$

$$x_{KL1} = x_0 \cdot L; \quad (3.6)$$

$$x_{KL1} = 0,061 \cdot 20 = 1,22 \text{ мОм}$$

7) Расчет для кабельной линии КЛ 2

$$x_0 = 0,06 \text{ мОм/м}; r_0 = 0,19 \text{ мОм/м}; L = 40 \text{ м};$$

$$r_{кЛ2} = r_0 \cdot L; \quad (3.7)$$

$$r_{кЛ2} = 0,19 \cdot 40 = 7,6 \text{ мОм};$$

$$x_{кЛ2} = x_0 \cdot L; \quad (3.8)$$

$$x_{кЛ2} = 0,06 \cdot 40 = 2,4 \text{ мОм}$$

8) Расчет для кабельной линии КЛ 3

$$x_0 = 0,328 \text{ мОм/м}; r_0 = 3,35 \text{ мОм/м}; L = 40 \text{ м};$$

$$r_{кЛ3} = r_0 \cdot L; \quad (3.9)$$

$$r_{кЛ3} = 3,35 \cdot 20 = 67 \text{ мОм}.$$

$$x_{кЛ3} = x_0 \cdot L; \quad (3.10)$$

$$x_{кЛ3} = 0,328 \cdot 20 = 6,56 \text{ мОм}$$

### 3.3 Расчет короткого замыкания в точке К1

1) Ток металлического трехфазного КЗ

$$I_{кМ}^3 = \frac{U_{\text{HH}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{1\Sigma}^3} = \frac{U_{\text{HH}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{1\Sigma}^2 + X_{1\Sigma}^2}}, \quad (3.11)$$

2) Арифметическим суммированием сопротивлений, руководствуясь схемой замещения изображенной на рисунке 3, определяем суммарные сопротивления до точки, в которой произошло КЗ.

$$r_{1\Sigma} = 3,06 + 1 + 0,2 = 4,08 \text{ мОм}, \quad (3.12)$$

$$x_{1\Sigma} = 1,6 + 27,2 + 0,4 + 0,3 = 29,5 \text{ мОм}. \quad (3.13)$$

3) Находим полное суммарное сопротивление для точки.

$$Z_{\Sigma}^3 = \sqrt{4,08^2 + 29,5^2} = 29,8 \text{ мОм}. \quad (3.14)$$

4)Находим ток трехфазного КЗ

$$I_{\text{кз}}^3 = \frac{U_{\text{ВН}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{1\Sigma}^3}, \quad (3.15)$$

$$I_{\text{кз}}^3 = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 29,8} = 12,21 \text{ кА}.$$

5)Используя коэффициенты для начального и установившегося момента, находим ток дугового трехфазного КЗ. Находим их значения на рисунке 13.

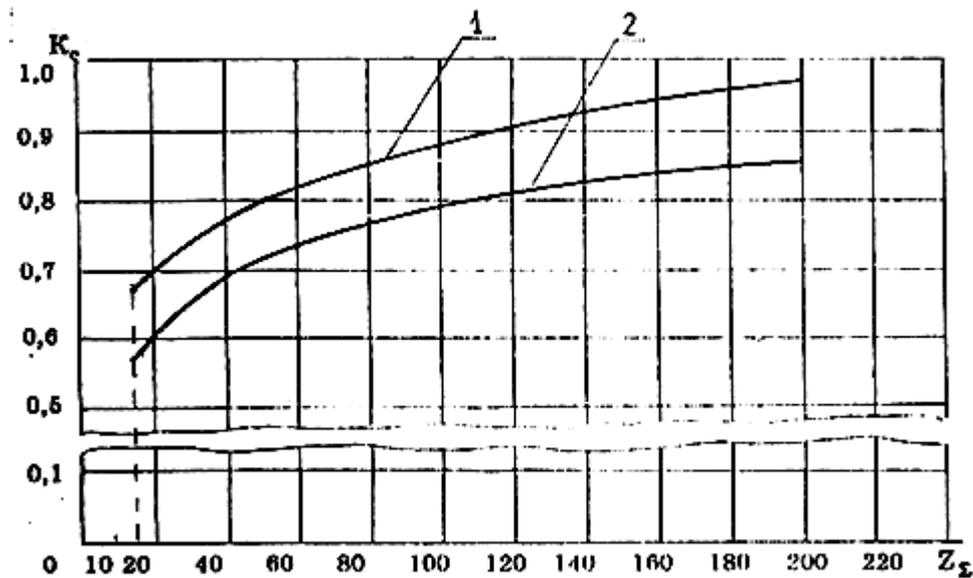


Рисунок 13 – Кривые зависимости  $K_c$  от  $Z_{\Sigma}$

При  $Z_{\Sigma}^3 = 29,8 \text{ мОм}$   $K_{c1} = 0,72$  , а  $K_{c2} = 0,63$

$$I_{\text{кд}}^3_{t \sim 0} = I_{\text{кз}}^3 \cdot K_{c1}, \quad (3.16)$$

$$I_{\text{кд}}^3_{t \sim 0} = 12,21 \cdot 0,72 = 8,79 \text{ кА}.$$

$$I_{\text{кд}}^3_{t_{\text{кз}} > 0,05 \text{ с}} = I_{\text{кз}}^3 \cdot K_{c2}, \quad (3.17)$$

$$I_{\text{кд}}^3_{t_{\text{кз}} > 0,05 \text{ с}} = 12,21 \cdot 0,63 = 7,7 \text{ кА}.$$

6)Определяем ударный ток КЗ.

- по характеристике с рисунка 14 находим ударный коэффициент  $K_y = 1,62$

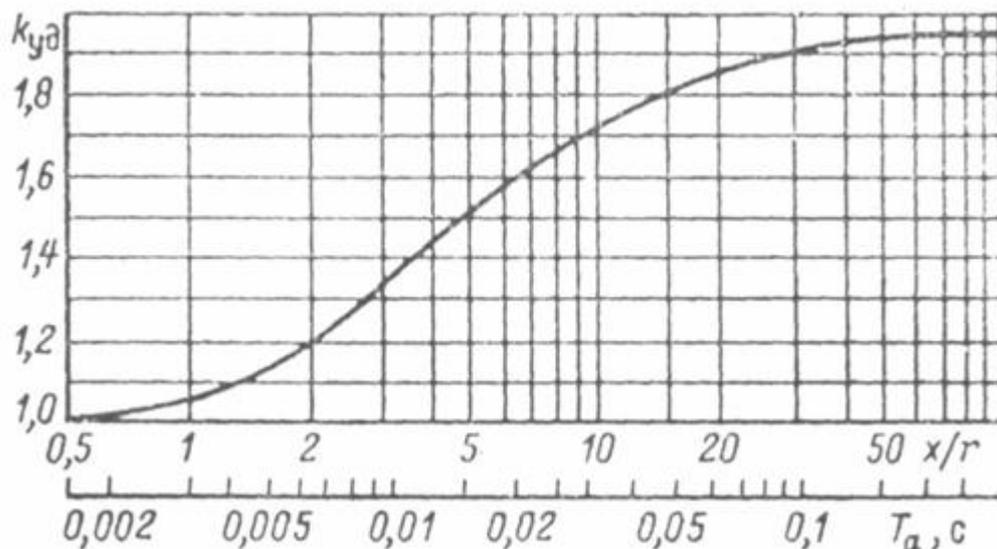


Рисунок 14 – Зависимость ударного коэффициента  $K_{yД}$  от времени

$$i_y = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{KM}^3, \quad (3.18)$$

$$i_y = 1,62 \cdot \sqrt{2} \cdot 12,21 = 28 \text{ кА}$$

### 3.4 Расчет короткого замыкания в точке К2

1) Ток металлического трехфазного КЗ

$$I_{KM}^3 = \frac{U_{HH}}{\sqrt{3} \cdot Z_{2\Sigma}^3} = \frac{U_{HH}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{2\Sigma}^2 + X_{2\Sigma}^2}}, \quad (3.19)$$

2) Арифметическим суммированием сопротивлений, руководствуясь схемой замещения изображенной на рисунке 12, определяем суммарные сопротивления до точки, в которой произошло КЗ.

$$r_{1\Sigma} = 0,2 + 1 + 5,12 = 6,14 \text{ мОм}, \quad (3.20)$$

$$x_{1\Sigma} = 0,3 + 0,4 + 1,22 = 1,29 \text{ мОм}. \quad (3.21)$$

3)Находим полное суммарное сопротивление для точки.

$$z_{\Sigma}^3 = \overline{6,14^2 + 1,29^2} = 6,28 \text{ мОм.} \quad (3.22)$$

4)Находим ток трехфазного КЗ.

$$I_{\text{КМ}}^3 = \frac{U_{\text{ВН}}}{\sqrt{3} \cdot z_{\Sigma}^3}, \quad (3.23)$$

$$I_{\text{КМ}}^3 = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 6,28} = 57,91 \text{ кА.}$$

5)Используя коэффициенты для начального и установившегося момента, находим ток дугового трехфазного КЗ. Находим их значения на рисунке 13.

При  $z_{\Sigma}^3 = 6,28 \text{ мОм}$   $K_{c1} = 0,38$ , а  $K_{c2} = 0,29$

$$I_{\text{КД}}^3_{t \sim 0} = I_{\text{КМ}}^3 \cdot K_{c1}, \quad (3.24)$$

$$I_{\text{КД}}^3_{t \sim 0} = 57,91 \cdot 0,38 = 22 \text{ кА.}$$

$$I_{\text{КД}}^3_{t_{\text{КЗ}} > 0,05 \text{ с}} = I_{\text{КМ}}^3 \cdot K_{c2}, \quad (3.25)$$

$$I_{\text{КД}}^3_{t_{\text{КЗ}} > 0,05 \text{ с}} = 57,91 \cdot 0,29 = 16,8 \text{ кА.}$$

6)Определяем ударный ток КЗ.

- по характеристике с рисунка 14 находим ударный коэффициент  $K_y = 1,02$

$$i_y = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\text{КМ}}^3, \quad (3.26)$$

$$i_y = 1,02 \cdot \sqrt{2} \cdot 57,91 = 83 \text{ кА}$$

### 3.5 Расчет короткого замыкания в точке КЗ

1) Ток металлического трехфазного КЗ.

$$I_{\text{кз}}^3 = \frac{U_{\text{нн}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}^3} = \frac{U_{\text{нн}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{\Sigma}^2 + X_{\Sigma}^2}}, \quad (3.27)$$

2) Арифметическим суммированием сопротивлений, руководствуясь схемой замещения изображенной на рисунке 12, определяем суммарные сопротивления до точки, в которой произошло КЗ.

$$r_{1\Sigma} = 3 + 7,6 + 3,2 + 6,7 = 20,5 \text{ мОм}, \quad (3.28)$$

$$x_{1\Sigma} = 1,6 + 2,4 + 1,8 + 6,56 = 12,36 \text{ мОм}. \quad (3.29)$$

3) Находим полное суммарное сопротивление для точки.

$$Z_{\Sigma}^3 = \sqrt{20,5^2 + 12,36^2} = 23,94 \text{ мОм}. \quad (3.30)$$

4) Находим ток трехфазного КЗ.

$$I_{\text{кз}}^3 = \frac{U_{\text{нн}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}^3}, \quad (3.31)$$

$$I_{\text{кз}}^3 = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 23,94} = 15,19 \text{ кА}.$$

5) Используя коэффициенты для начального и установившегося момента, находим ток дугового трехфазного КЗ. Находим их значения на рисунке 13.

При  $Z_{\Sigma}^3 = 23,94 \text{ мОм}$ ,  $K_{c1} = 0,68$ , а  $K_{c2} = 0,57$

$$I_{\text{кд}}^3 \text{ } t \sim 0 = I_{\text{кз}}^3 \cdot K_{c1}, \quad (3.32)$$

$$I_{\text{КД}}^3_{t \sim 0} = 15,19 \cdot 0,68 = 10,33 \text{ кА}.$$

$$I_{\text{КД}}^3_{t_{\text{КЗ}} > 0,05\text{с}} = I_{\text{КМ}}^3 \cdot K_{\text{с2}}, \quad (3.33)$$

$$I_{\text{КД}}^3_{t_{\text{КЗ}} > 0,05\text{с}} = 15,19 \cdot 0,57 = 8,66 \text{ кА}.$$

б) Определяем ударный ток КЗ.

- по характеристике с рисунка 14 находим ударный коэффициент  $K_y = 1,03$

$$i_y = K_y \cdot \bar{2} \cdot I_{\text{КМ}}^3, \quad (3.34)$$

$$i_y = 1,03 \cdot \bar{2} \cdot 15,19 = 22,13 \text{ кА}$$

#### 4. Выбор электрооборудования системы.

1) Выбор троллейных шинопроводов представим в виде таблицы.

Таблица 7 - Троллейный шинопроводов производства НПО «Техдеталь»

Шинопровод в пластиковом корпусе	МКНФ
Соединение секций (шин)	Защелкивающиеся клеммы
Материал корпуса	ПВХ
Материал проводника	медь
Максимальная сила тока при ПВ100%	100А
Максимальное сечение меди(фаза)	26 мм <sup>2</sup>
Количество шин в корпусе	6-10
Максимальное напряжение	600В
Степень защиты стандартная	IP23
Степень защиты с герметизирующими лентами	IP24/44
Длинна секций	4м
Типы и скорость токоъемников	MSW – до 180м/мин
Максимальная нагрузка при ПВ 60%	50А
Температурный режим эксплуатации	От -40 до +60
Удельное сопротивление	5*10 <sup>15</sup> Ом/см
Дополнительные возможности	Входные, выходные раструбы. Детали для извлечения токоъемников. расстыковка шин (в т.ч. для ремзон). вентиляционные секции. компенсирующие секции.

2) Выбор сечения и длины кабеля представим в виде таблицы.

Таблица 8 – Кабельные линии АО «Энергокабель»

Маркировка кабеля и число жил	Длина кабеля, м	Класс пожарной безопасности	Изоляция
ВВГ 3х70	20	ГОСТ 31565 01.8.2.5.4	ПВХ (цветовая маркировка жилы)

Продолжение таблицы 8

Маркировка кабеля и число жил	Длина кабеля, м	Класс пожарной безопасности	Изоляция
ВВГЗх95	40	Гост 31565 01.8.2.5.4	ПВХ (цветовая маркировка жилы)
АВВГЗх4	25	Гост 31565 01.8.2.5.4	ПВХ (цветовая маркировка жилы)
АВВГЗх3	30	Гост 31565 01.8.2.5.4	ПВХ (цветовая маркировка жилы)

3) Выбор защитной аппаратуры представим в виде таблицы.

Таблица 9 – Характеристики автоматических выключателей АО «КЭАЗ»

Наименование РП	Маркировка выключателя	Номинальный ток выключателя, А	Ток теплового расцепителя, А	Вид расцепителей	Степень защиты
РП- 1	ВА 04-36 340010	400	320	Тепловой и электромагнитный	IP 20
РП- 2	ВА 04-36 340010	400	320	Тепловой и электромагнитный	IP 20
РП- 3	В25-1Р	25	20	Тепловой	IP 20
РП- 4	В20-1Р	20	15	тепловой	IP 20

4) Технические данные и характеристики выбранного трансформатора были предоставлены в таблице 4.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Квалификационная работа является полностью законченным документом отображающим электроснабжение автотранспортного предприятия «ВолгаАвто».

В проекте выполнены все поставленные цели. Были рассчитаны электрические нагрузки, освещение, токи короткого замыкания и выбрано оборудование системы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алиев И.И. Кабельные изделия: Справочник. М.: ИП РадиоСОФТ, 2001.
2. Басс, Э.И. Релейная защита электроэнергетических установок/ Э. И. Басс – М.: Энергоатомиздат, 2002.
3. Вахнина В.В. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий; учебное пособие Тольятти ТГУ 2006 с.65
4. Вахнина В.В. Электроснабжение промышленных предприятий и городов; учебно- методическое пособие для практических занятий и выполнения курсового проектирования; учебное пособие, Тольятти ТГУ 2007 – 54с.
5. Вахнина В.В., Горячева В.Л., Степкина Ю.В. Проектирование систем электроснабжения машиностроительных предприятий; учебное пособие, Тольятти ТГУ 2004 с.67
6. ГОСТ 1516.1-75 «Нормы испытательных напряжений внешней и внутренней изоляции электрических аппаратов».
7. ГОСТ 8024-93 «Допустимые температуры нагрева токоведущих частей, контактных соединений и контактов аппаратов и электротехнических устройств переменного тока на напряжение свыше 1000 В».
8. ГОСТ 12450-82 «Выключатели переменного тока высокого напряжения. Отключение ненагруженных линий».
9. ГОСТ 15150-69. «Машины, приборы и другие технические изделия»
10. ГОСТ 15543.1-89 «Общие требования в части стойкости к климатическим внешним воздействующим факторам».
11. Каталог светильников HALLA «LightProf».
12. Кудрин, Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для вузов / Б.И. Кудрин. – М.: Интермет Инжиниринг, 2005.

13. Макаров, Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ: в 6 т. / Е.Ф. Макаров ; под ред. гл. специалистов ОАО «Мосэнерго». – М. : Изд-во «Энергия», 2006. – Т.4.
14. Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций.
15. Правила устройств электроустановок (ПУЭ). С.Пб.: Энергоатомиздат, 2002.
16. Рожин, А.Н., Бакшаева, Н.С. Внутрицеховое электроснабжение: Учебное пособие для выполнения курсового и дипломного проектов. Киров, 2006.
17. Рожкова, Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций/ Л.Д.Рожкова, Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова – М.: Изд. центр «Академия», 2004.
18. Руководство пользователя DIALux4.2 Gustav-Adolf-Strasse 4 58507 Ludenscheid.
19. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования: РД 153-34.0-20.527-98/ под ред. Б.Н. Неклепаева. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006.
20. Салтыков В.М. Проектирование электрической части подстанций в энергосистемах: Учеб. пособие. Тольятти: ТГУ, 2002.
21. Салтыкова О.А., Вахнина В.В. Релейная защита понизительной подстанции: Учеб. пособие. Тольятти: Кассандра, 2000.
22. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ; Макаров Е.Ф..
23. Электротехнический справочник: В 4 т. Т.3. Производство, передача и распределение электрической энергии/ Под общ. ред. В.Г.Герасимова и др. М.: МЭИ, 2002.
24. McDonald J.D. Electric Power Substation Engineering, авторы: J.D. McDonald. Издание Майами: CRC Press Taylor and Francis Group, 2012 – 593с.

25. Hein R. Selection of Automatic Protection against Overloading Manual  
авторы:R.Hein. Издание Мюнхен: LLC Paper and Press, 2011 – 523с.

26. Maison J.J. Electrical equipment of electric stations and substations  
авторы: J.J. Maison. Издание Нью-Йорк MassPressState Group, 2008