

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)

Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений  
(направленность (профиль))

## **БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему «Электрооборудование и электрохозяйство позиций № 1, № 10, № 11 и № А9 жилого квартала «Лесная Слобода»

Студент(ка)

И.Е. Иволгин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.А. Кретов

(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**

В выпускной квалификационной работе спроектирована система электроснабжения для 3 жилых домов с офисными помещениями и для административно-общественного здания.

Рассчитаны электрические нагрузки силовых электроприемников и освещения.

Выбрана КТП с 2 трансформаторами и рассчитана необходимая мощность трансформаторов.

Выбраны основные электрические аппараты и проводники.

Рассчитаны токи короткого замыкания. По токам короткого замыкания проверено выбранное оборудование.

Рассчитана система заземления и молниезащита для всех зданий.

Рассмотрены вопросы монтажа электрооборудования.

Выпускная квалификационная работа включает в себя 46 страниц, 12 рисунков, 11 таблиц.

## Содержание

Введение.....	4
1 Краткая характеристика объекта проектирования.....	5
2 Расчет электрических нагрузок.....	7
3 Расчет и выбор числа и мощности силовых трансформаторов.....	19
4 Выбор электрических аппаратов и проводников.....	25
5 Расчет токов короткого замыкания.....	32
6 Система заземления и молниезащита.....	38
7 Монтаж электрооборудования.....	40
Заключение.....	44
Список использованных источников.....	45
Приложение А.....	47
Приложение Б.....	48

## Введение

Электрические сети, прежде всего, предназначены для электроснабжения потребителей. Под электроснабжением понимают передачу электроэнергии от источников питания и распределения ее между потребителями.

К электрическим сетям предъявляют следующие требования:

- 1) Достаточная надежность электроснабжения потребителей;
- 2) Обеспечение качества электроэнергии в допустимых пределах;
- 3) Безопасность и удобство эксплуатации;
- 4) Возможность дальнейшего развития.

Основные задачи, решаемые при исследовании, проектировании, проектировании и эксплуатации СЭС, заключаются в оптимизации параметров этих систем путем правильного выбора напряжений, определении электрических нагрузок и требований к бесперебойности электроснабжения; рационального выбора числа и мощности трансформаторов, конструкций сетей, устройств компенсации реактивной мощности и регулирования напряжения, средств симметрирования нагрузок и подавления высших гармоник в сетях путем правильного построения схемы электроснабжения.

Целью выпускной квалификационной работы является обеспечение надежного электроснабжения жилых домов и административно-общественного здания жилого квартала.

Выпускная работа включает в себя следующие задачи:

- Расчет электрических нагрузок силовых электроприемников и освещения
- Расчет и выбор числа и мощности силовых трансформаторов
- Выбор основных электрических аппаратов и проводников
- Расчет токи короткого замыкания
- Расчет заземления и молниезащиты

## 1 Краткая характеристика объекта проектирования

Объектом проектирования является жилой квартал «Лесная Слобода» расположенный в г.Тольятти по улице 40 лет Победы (рисунок 1.1)



Рисунок 1 – Жилой квартал «Лесная Слобода»

Позиция №1 представляет собой жилой дом с офисными помещениями. Общая площадь жилых помещений составляет 28151 кв.м. Общая площадь нежилых помещений составляет 83,68 кв.м. Тип плит в квартирах – электрические. Количество квартир в доме – 287, в том числе: 126 – однокомнатные, 73 – двухкомнатные, 88 – трехкомнатные. Жилой дом относится ко 2 категории надежности электроснабжения.

Позиция №10 представляет собой жилой дом с офисными помещениями. Общая площадь жилых помещений составляет 3768,75 кв.м. Общая площадь

нежилых помещений составляет 78,08 кв.м. Тип плит в квартирах – электрические. Количество квартир в доме – 35, в том числе: 1 – однокомнатные, 15 – двухкомнатные, 17 – трехкомнатные, 1 – четырехкомнатная. Жилой дом относится ко 2 категории надежности электроснабжения.

Позиция №11 представляет собой жилой дом. Общая площадь квартир – 6173,7 кв.м. Тип плит в квартирах – электрические. Количество квартир – 98, в том числе: 62 – однокомнатные, 8 – двухкомнатные, 28 – трехкомнатные. Жилой дом относится ко 2 категории надежности электроснабжения.

Позиция №А9 представляет собой административно-общественное здание, которое включает в себя офисные помещения. Общая площадь здания составляет 600 кв.м. Здание относится ко 2 категории надежности электроснабжения.

## 2 Расчет электрических нагрузок

### 2.1 Расчет электрических нагрузок квартир и силовых электроприемников

Расчет выполняется в соответствии с [1].

Для определения расчетной нагрузки жилого дома (квартир и силовых электроприемников) используем формулу (2.1):

$$P_p = P_{кв} + 0,9 \cdot P_c, \quad (2.1)$$

где  $P_{кв}$  – расчетная нагрузка электроприемников квартир, кВт;  $P_c$  – расчетная нагрузка силовых электроприемников, кВт.

Расчетную нагрузку электроприемников квартир определяем по формуле (2.2):

$$P_{кв} = P_{кв.уд} \cdot n, \quad (2.2)$$

где  $P_{кв.уд}$  – удельная нагрузка электроприемников квартир, принимаемая по [1., таблица 6.1];  $n$  – количество квартир.

К силовым электроприемникам относятся:

- насосы холодного и горячего водоснабжения;
- насосы отопления;
- лифтовые установки.

Во всех жилых домах и в административном здании установлены насосы горячего водоснабжения марки К80-50-315, насосы холодного водоснабжения К80-50-250, насосы отопления АЦМК80-65-200/210/2.

В жилых домах установлены лифтовые установки производства ПАО «Карачаровский механический завод» с электродвигателями 5АН(Ф) 200 МА4/24 (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Внешний вид электродвигателя 5АН(Ф) 200 МА4/24

Паспортные данные насосов К80-50-315, К80-50-250 [3], АЦМК80-65-200/210/2 [4] и лифтовой установки [5] представлены в приложении А.

Расчетную нагрузку силовых электроприемников определяем по формуле (2.3):

$$P_c = K_c \cdot n \cdot P_n, \quad (2.3)$$

где  $K_c$  – коэффициент спроса, принимаемый по [1., таблица 6.4];  $n$  – количество электродвигателей;  $P_n$  – установленная мощность электродвигателя по паспорту.

К расчетной нагрузке жилого дома добавляется нагрузка офисных помещений, определяемая по укрупненным удельным электрическим нагрузкам, принимаемым по [1., таблица 6.14].

Далее определяем расчетную реактивную мощность по формуле (2.4):



$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \phi. \quad (2.4)$$

По формуле (2.5) определяем полную мощность:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (2.5)$$

Находим по формуле (2.6) расчетный ток:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (2.6)$$

Рассчитаем электрические нагрузки для жилого дома №1. По формуле (2.2) определяем расчетную нагрузку электроприемников квартир:

$$P_{кв} = 1,36 \cdot 287 = 390,32 \text{ кВт.}$$

Определяем по формуле (2.3) расчетную нагрузку силовых электроприемников:

$$P_c = 1 \cdot 4 \cdot 37 + 1 \cdot 4 \cdot 22 + 1 \cdot 4 \cdot 30 + 0,5 \cdot 8 \cdot 8 = 388 \text{ кВт.}$$

Рассчитываем нагрузку офисных помещений:

$$P_o = 0,043 \cdot 75 = 3,225 \text{ кВт.}$$

Определяем по формуле (2.1) расчетную нагрузку жилого дома:

$$P_p = 390,32 + 0,9 \cdot 388 + 3,225 = 742,745 \text{ кВт.}$$

Находим по формуле (2.4) расчетную реактивную мощность:

$$Q_p = 739,52 \cdot 0,2 = 123,48 \text{ квар.}$$

Определяем по формуле (2.5) полную мощность:

$$S_p = \sqrt{742,745^2 + 123,48^2} = 754,61 \text{ кВА.}$$

Определяем по формуле (2.6) расчетный ток:

$$I_p = \frac{754,61}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1,09 \text{ кА.}$$

Аналогично определяем расчетную нагрузку для жилых домов №10 и №11 и административного здания А9. Результаты расчета сводим в таблицу 2.9.

## **2.2 Расчет освещения**

### **2.2.1 Расчет освещения в жилых домах.**

Для освещения холлов, межквартирных коридоров, лестничных площадок, и входных дверей применяем светильники производства компании «Световые технологии» [6].

Для выбора типа светильников необходимо произвести сравнительный анализ светильников с разным типом ламп. Для сравнения выбраны светильники с люминесцентными лампами С360/118 и OD 111 и светильники со светодиодными лампами OD LED 12MS и RKL LED 13.

Сравнение представлено в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Сравнение светильников С360/118, OD 111, OD LED 12MS и RKL LED 13

Тип светильника	Сравниваемые параметры			
	Мощность лампы, Вт	cosφ	Степень защиты IP	Стоимость, руб
С360/118	18	0,96	54	3000
OD 111	11	0,6	65	2000
OD LED 12MS	12	0,95	65	2000
RKL LED 13	14	0,96	40	4000

По результатам сравнения к установке принимаем светильник OD LED 12MS. Внешний вид светильника OD LED 12MS представлен на рисунке 2.2

Данный светильник может применяться как внутри, так и снаружи здания без навеса. Диапазон рабочих температур составляет от - 40 С до +40 С. Корпус светильника максимально защищен от воздействия пыли и влаги, ударов (IK08) и ультрафиолетового излучения. Светильник может комплектоваться датчиком движения для дополнительной экономии электроэнергии.

Для расчета количества светильников определяем по [1., таблица 4.1] необходимую освещенность рабочих поверхностей. Требуемая освещенность представлена в таблице 2.2

Таблица 2.2 – Требуемая освещенность рабочих поверхностей

Помещение	Требуемая освещенность, лк
Офисные помещения	300
Помещения консьержа	150
Лестницы, поэтажные межквартирные коридоры, лифтовые холлы	20
Насосные, электрощитовые, машинные помещения	20



Рисунок 2.2 – Внешний вид светильника OD LED 12MS

После определения требуемой освещенности необходимо рассчитать площадь помещения.

Затем определяем по формуле (2.7) индекс помещения:

$$i = \frac{S}{(H_p) \cdot (a + b)}, \quad (2.7)$$

где  $S$  – площадь помещения,  $m^2$ ;  $H_p$  – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью,  $m$ ;  $a$  – длина помещения,  $m$ ;  $b$  – ширина помещения.

Далее определяем коэффициент запаса помещения. Он зависит от степени загрязненности помещения, частоты технического обслуживания и интенсивности эксплуатации светильника.

Определяем коэффициенты отражения от потолка, стен и пола. Так как помещение достаточно чистое, а потолок и стены имеют светлый оттенок, то можно принять:

- потолок:  $K_{отр} = 80\%$

- стены:  $K_{отр} = 50\%$

- пол:  $K_{отр} = 20\%$

Определяем требуемое количество светильников по формуле (2.8):

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{\eta \cdot n \cdot \Phi_{л}}, \quad (2.8)$$

где  $E$  – требуемая горизонтальная освещенность, лк;  $S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>;  $K_3$  – коэффициент запаса;  $\eta$  – коэффициент использования;  $n$  – количество ламп в одном светильнике;  $\Phi_{л}$  – световой поток одной лампы (из паспортных данных светильника), лм.

2.2.2 Расчет освещения в офисных помещениях жилых домов и административно-общественного здания.

Для освещения помещений в здании используем светодиодные светильники производства компании «Световые технологии»

Произведем сравнительный анализ нескольких марок светильников. Для сравнения используем светильники OPTIMA ECO LED, AOT UNI LED, OPL/R ECO LED и PRS/S ECO LED.

Сравнительный анализ представлен в таблице 2.3.

По результатам проведенного анализа к установке принимаем светильники AOT UNI LED, так как данный светильник имеет самый высокий световой поток и степень защиты IP, а так же имеет среднюю стоимость. Благодаря рассеивателю из ПММА (органическое стекло) светильник обладает мягким рассеянным светом, что обеспечивает комфортные условия на рабочем месте.

Таблица 2.3 – Сравнительный анализ светильников OPTIMA ECO LED, AOT UNI LED, OPL/R ECO LED и PRS/S ECO LED.

Тип светильника	Сравниваемые параметры					
	Мощность лампы, Вт	Световой поток, Лм	Световая отдача, Лм/Вт	cosφ	Степень защиты IP	Стоимость, руб
OPTIMA ECO LED	18	1700	94	0,96	20	3760
AOT UNI LED	31	2750	89	0,95	40	3020
OPL/R ECO LED	17	1600	94	0,98	20	4810
PRS/S ECO LED	17	1800	106	0,98	20	5020

Внешний вид светильника AOT UNI LED представлен на рисунке 2.3



Рисунок 2.3 – Внешний вид светильника OPL/R ECO LED

### 2.2.3 Уличное освещение

Для уличного освещения применяются светильники NBL 52 с лампами ДНаТ. Общая потребляемая мощность уличного освещения для ТП-5 составляет 1,4 кВт. Для ТП-4 мощность уличного освещения составляет 0,85 кВт

#### 2.2.4 Расчет суммарной мощности освещения

Для расчета количества светильников и потребляемой мощности использована программа DiaLux 4.12. Результаты расчета приведены в приложении Б.

Далее рассчитываем по формуле (2.9) суммарную активную мощность освещения:

$$P_{осв} = \sum P_i \cdot n, \quad (2.9)$$

где  $P_i$  – мощность, потребляемая светильниками в данном помещении, Вт;  $n$  – количество помещений.

По формуле (2.10) определяем суммарную реактивную мощность освещения:

$$Q_{осв} = \sum P_i \cdot n \cdot \operatorname{tg}\varphi, \quad (2.10)$$

где  $\operatorname{tg}\varphi$  определяется по  $\cos\varphi$  из паспортных данных светильника.

Суммарную полную мощность освещения определяем по формуле (2.11):

$$S_{осв} = \sqrt{P_{осв}^2 + Q_{осв}^2}. \quad (2.11)$$

Рассчитываем по формулам (2.6) – (2.8) суммарную мощность освещения для жилого дома №1:

$$P_{осв, \text{№1}} = 320 \cdot 8 + 32 \cdot 4 + 224 \cdot 8 \cdot 6 + 224 \cdot 4 \cdot 2 + 192 \cdot 4 + 64 \cdot 4 + 234 = 16,48 \text{ кВт};$$

$$Q_{осв} = 16,24 \cdot 0,29 + 234 \cdot 0,2 = 4,75 \text{ квар};$$

$$S_{осв} = \sqrt{16,48^2 + 4,75^2} = 17,15 \text{ кВА}.$$

Аналогично проводим расчет для жилых домов №10, №11 и здания №А9. Результаты сводим в таблицу 2.4 и 2.5.

Таблица 2.4 – Электрические нагрузки для ТП -5

Наименование	$P_{уд}$ , кВт	$P_{уд}$ , кВт/м <sup>2</sup>	$S$ , м <sup>2</sup>	$n$	$K_c$	$P_{\Sigma}$ , кВт	$\cos\phi$	$P_p$ , кВт	$Q_p$ , квар	$S_p$ , кВА	$I_p$ , кА
<b>№1</b>											
Электроприемники квартир	1,36	-	-	287	-	390,32	-	-	-	-	-
Электродвигатели лифтов 5АН(Ф) 200 МА4/24	8	-	-	8	0,5	32	-	-	-	-	-
Насосы ГВС К80-50-315	37	-	-	4	1	148	-	-	-	-	-
Насосы ХВС К80-50-250	22	-	-	4	1	88	-	-	-	-	-
Насосы отопления АЦМК80-65-200/210/2	30	-	-	4	1	120	-	-	-	-	-
Офисные помещения	-	0,043	75	-	-	3,225					
<b>Итого по №1 без освещения</b>	-	-	-	-	-	-	0,98	742,75	123,49	754,61	-
<b>Освещение</b>	-	-	-	-	-	-	-	16,48	4,75	17,15	0,024
<b>Итого по №1</b>	-	-	-	-	-	-	-	756	128,24	766,8	1,1
<b>№10</b>											
Электроприемники квартир	1,95	-	-	35	-	68,25	-	-	-	-	-
Электродвигатели лифтов 5АН(Ф) 200 МА4/24	8	-	-	1	0,8	6,4	-	-	-	-	-
Насосы ГВС К80-50-315	37	-	-	2	1	74	-	-	-	-	-
Насосы ХВС К80-50-250	22	-	-	2	1	44	-	-	-	-	-
Насосы отопления АЦМК80-65-200/210/2	30	-	-	2	1	60	-	-	-	-	-
Офисные помещения	-	0,043	66	-	-	2,838	-	-	-	-	-
<b>Итого по №10 без освещения</b>	-	-	-	-	-	-	0,98	237,05	47,85	238,98	0,35
<b>Освещение</b>	-	-	-	-	-	-	-	1,51	0,42	1,56	0,0025
<b>Итого по №10</b>	-	-	-	-	-	-	-	238,56	48,27	240,61	0,347



Продолжение таблицы 2.4

Наименование	$P_{уд}$ , кВт	$P_{уд}$ , кВт/м <sup>2</sup>	$S$ , м <sup>2</sup>	$n$	$K_c$	$P_{\Sigma}$ , кВт	$\cos\phi$	$P_p$ , кВт	$Q_p$ , квар	$S_p$ , кВА	$I_p$ , кА
<b>№11</b>											
Электроприемники квартир	1,5	-	-	98	-	147	-	-	-	-	-
Насосы отопления АЦМК80-65-200/210/2	30	-	-	2	1	120	-	-	-	-	-
Электродвигатели лифтов 5АН(Ф) 200 МА4/24	8	-	-	3	0,8	19,2	-	-	-	-	-
Насосы ГВС К80-50-315	37	-	-	2	1	74	-	-	-	-	-
Насосы ХВС К80-50-250	22	-	-	2	1	44	-	-	-	-	-
<b>Итого по №11 без освещения</b>	-	-	-	-	-	-	0,98	324,48	66,76	331,1	0,48
<b>Освещение</b>	-	-	-	-	-	-	-	5,5	1,6	5,72	0,008 2
<b>Итого по №11</b>	-	-	-	-	-	-	-	329,98	68,36	336,98	0,487
<b>Итого без освещения</b>	-	-	-	-	-	-	-	1298,2 1	238,1	1320	1,9
<b>Внутреннее освещение</b>	-	-	-	-	-	-	-	23,49	6,77	24,45	0,035
<b>Наружное освещение</b>	-	-	-	-	-	-	0,85	1,4	0,854	1,64	0,002
<b>Итого на ШНН</b>	-	-	-	-	-	-	-	1323,9	247,87	1344	1,94

Таблица 2.5 - Электрическая нагрузка здания №А9

Наименование	$P_{уд}$ , кВт/м <sup>2</sup>	$S$ , м <sup>2</sup>	$\cos\phi$	$P_p$ , кВт	$Q_p$ , квар	$S_p$ , кВА	$I_p$ , А
Электроприемники	0,043	1200	0,85	51,6	31,9	60,6	87,5
Внутреннее освещение	-	-	0,98	4,5	0,91	4,6	6,64
Наружное освещение	-	-	0,85	0,85	0,52	1	0,0014
<b>Итого на ШНН</b>	-	-	-	61,45	33,33	65	93,8

### 3 Расчет и выбор числа и мощности силовых трансформаторов

#### 3.1 Расчет и выбор числа и мощности силовых трансформаторов для домов №1, №10, №11

Для электроснабжения жилых домов устанавливаем комплектную трансформаторную подстанцию производства ЗАО «Электрощит» марки КТП-СЭЩ-Г. Данный тип КТП применяется для электроснабжения коммунальных сетей городов и поселков, в различных отраслях народного хозяйства.

В соответствии с [1] жилые дома с электроплитами относятся ко 2 категории надежности электроснабжения. Лифтовые установки относятся к 1 категории надежности электроснабжения. Поэтому при выборе мощности силовых трансформаторов используем коэффициент загрузки  $K_3 = 0,7$ .

Для расчета необходимой мощности силовых трансформаторов используем формулу (3.1):

$$S_T = \frac{P_{p\Sigma}}{K_3 \cdot N_T}, \quad (3.1)$$

где  $P_{p\Sigma}$  - расчетная нагрузка жилых домов;  $K_3$  – коэффициент загрузки;  $N_T$  - количество трансформаторов.

Для 1 и 2 категории надежности электроснабжения устанавливаем 2 трансформатора. Рассчитываем по формуле (3.1) необходимую мощность:

$$S_T = \frac{1323,9}{2 \cdot 0,7} = 944,07 \text{ кВА.}$$

Рассматриваем два варианта: установка двух трансформаторов ТМГ–1000/10/0,4 и установка двух трансформаторов ТМГ-1250/10/0,4 15 серии.

Внешний вид трансформатора ТМГ представлен на рисунке 3.1



Рисунок 3.1 – Внешний вид трансформатора ТМГ

Отличительной особенностью трансформаторов ТМГ от трансформаторов ТМ является наличие в конструкции специальных упругих гофр, которые заменяют расширительный бак.

Серия 15 трансформаторов ТМГ позволяет существенно снизить потери электроэнергии в трансформаторе и тем самым увеличить экономию. Более низкий уровень потерь достигается за счет вложения материалов и соответственно увеличения стоимости трансформатора, но данное увеличение стоимости быстро окупается. Например, для трансформатора мощностью 1000 кВА годовая экономия электроэнергии составляет 5,2 тыс. кВт·час.

### 3.1.1 Вариант А

Рассмотрим вариант с установкой трансформаторов ТМ–1000/10/0,4. Паспортные данные трансформатора ТМ–1000/10/0,4 приведены в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Паспортные данные трансформатора ТМ–1000/10/0,4

Потери холостого хода $\Delta P_{xx}$ , Вт	1550
Потери короткого замыкания $\Delta P_{кз}$ , Вт	10800
Напряжение короткого замыкания $U_{к}$ , %	5,5
Ток холостого хода $i_0$ , %	1,2

Рассчитываем потери в трансформаторах по формулам (3.2), (3.3):

$$\Delta P_T = N_T \cdot (\Delta P_{xx} + K_s^2 \cdot \Delta P_{кз}); \quad (3.2)$$

$$\Delta Q_T = N_T \cdot (i_0 + K_s^2 \cdot U_{к}); \quad (3.3)$$

$$\Delta P_T = 2 \cdot (1550 + 0,7^2 \cdot 10800) = 13,7 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = 2 \cdot (1,2 + 0,7^2 \cdot 5,5) = 7,8 \text{ квар.}$$

Далее определяем расчетную нагрузку жилых домов с учетом потерь в трансформаторах по формулам (3.4), (3.5):

$$P_p = P_{p\Sigma} + \Delta P_T; \quad (3.4)$$

$$Q_p = Q_{p\Sigma} + \Delta Q_T; \quad (3.5)$$

$$P_p = 1321,7 + 13,7 = 1335,4 \text{ кВт};$$

$$Q_p = 244,87 + 7,8 = 252,67 \text{ квар.}$$

Определяем реактивную мощность в часы минимума нагрузки по формуле (3.6):

$$Q_{min} = 50\% \cdot Q_p; \quad (3.6)$$

$$Q_{min} = 252,67 \cdot 0,5 = 126,34 \text{ квар.}$$

Согласно [1], для потребителей жилых зданий установка компенсирующих устройств не требуется.

Далее необходимо рассчитать затраты на установку КТП с трансформаторами ТМ-1000/10/0,4. Расчет выполняем по формуле (3.14):

$$Z_{КТП} = E \cdot K_{ТП} + C \cdot \Delta P_T \cdot N_T; \quad (3.14)$$

Для расчета параметра  $C \cdot \Delta P_T$  используем формулу (3.15):

$$C \cdot \Delta P_T = C_0 \cdot \Delta P_{xx} + C \cdot K_3^2 \cdot \Delta P_{кз}, \quad (3.19)$$

где  $C_0 = 148,92$  руб/кВт·год;  $C = 49,066$  руб/кВт·год.

$$C \cdot \Delta P_T = 148,92 \cdot 1,55 + 49,066 \cdot 0,7^2 \cdot 10,8 = 490,48$$

$$Z_{КТП} = 0,223 \cdot 820 + 0,490 \cdot 2 = 183,84 \text{ тыс.руб.}$$

### 3.1.1 Вариант Б

Рассмотрим вариант с установкой трансформаторов ТМ–1250/10/0,4.

Паспортные данные трансформатора ТМ–1250/10/0,4 приведены в таблице 3.2

Таблица 3.2 – Паспортные данные трансформатора ТМ–1250/10/0,4

Потери холостого хода $\Delta P_{xx}$ , Вт	1800
Потери короткого замыкания $\Delta P_{кз}$ , Вт	17000
Напряжение короткого замыкания $U_k$ , %	5,5
Ток холостого хода $i_0$ , %	1,2

Расчет производим аналогично варианту Б.

Определяем по формулам (3.2) и (3.3) потери в трансформаторе:

$$\Delta P_T = 2 \cdot (1800 + 0,7^2 \cdot 17000) = 20,26 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = 2 \cdot (1,2 + 0,7^2 \cdot 5,5) = 7,8 \text{ квар.}$$

Далее определяем расчетную нагрузку жилых домов с учетом потерь в трансформаторах по формулам (3.4), (3.5):

$$P_p = 1321,7 + 20,26 = 1341,96 \text{ кВт};$$

$$Q_p = 244,87 + 7,8 = 252,67 \text{ квар.}$$

Определяем реактивную мощность в часы минимума нагрузки по формуле (3.6):

$$Q_{min} = 252,67 \cdot 0,5 = 126,34 \text{ квар.}$$

Находим по формуле (3.7), (3.8) экономически обоснованные значения реактивной мощности в часы максимума энергосистемы:

$$Q'_{\%1} = 252,67 - 0,7 \cdot 0 = 252,67 \text{ квар};$$

$$Q''_{\%1} = 0,28 \cdot 1341,96 = 375,75 \text{ квар.}$$

Так как в часы максимальных нагрузок напряжение снижается, то для дальнейшего использования принимаем меньшее из значений – 252,67.

По формулам (3.9), (3.10) находим экономически обоснованные значения реактивной мощности в режиме наименьших нагрузок:

$$Q'_{\%2} = 126,34 \text{ квар};$$

$$Q''_{\%2} = 126,34 - (252,67 - 252,67) = 126,34 \text{ квар.}$$

Далее необходимо рассчитать затраты на установку КТП с трансформаторами ТМ-1250/10/0,4. Расчет выполняем по формуле (3.14):

$$C \cdot \Delta P_T = 148,92 \cdot 1,55 + 49,066 \cdot 0,7^2 \cdot 10,8 = 490,48$$

$$Z_{КТП} = 0,223 \cdot 1450 + 0,490 \cdot 2 = 234,33 \text{ тыс.руб.}$$

По результатам расчета затрат на установку принимаем к установке 2 трансформатора ТМГ-1000/10/0,4.

### **3.2 Расчет трансформатора для административно-общественного здания №А9**

Административно-общественное здание №А9 получает питание от действующей трансформаторной подстанции (ТП-4). На ТП-4 установлены 2 трансформатора ТМ-630/10/0,4.

Для возможности подключения здания №А9 к данному трансформатору необходимо произвести проверку коэффициента загрузки. Для проверки используем формулу (3.20):

$$K_3 = \frac{P_з + P_н}{N_T \cdot S_T}, \quad (3.20)$$

где  $P_з$  – активная мощность здания №А9;  $P_н$  – активная мощность нагрузки действующих электроприемников;  $N_T$  – число трансформаторов;  $S_T$  – мощность трансформаторов.

$$K_3 = \frac{61,45 + 950}{2 \cdot 630} = 0,79.$$

Полученный коэффициент загрузки соответствует значению для 2 категории надежности электроснабжения. Следовательно на ТП-4 производить замену трансформатора на более мощный не требуется.



## 4 Выбор электрических аппаратов и проводников

### 4.1 Кабельные линии

Выбор сечения кабелей производим сравнением расчетного тока линии с допустимым длительным током принятых марок кабелей с учетом условий их прокладки и температуры окружающей среды. Для выбора сечения кабеля необходимо, чтобы выполнялось условие (4.1):

$$I_p \leq K_n \cdot I_{дон}, \quad (4.1)$$

где  $I_{дон}$  – длительный допустимый ток кабеля данного сечения, принимаемый по [7];  $K_n$  – поправочный коэффициент на условия прокладки, принимаемый по [8].

Так же необходимо проверить выбранные кабели на потери напряжения. Потери напряжения не должны превышать 5% в нормальном режиме системы. Потери напряжения рассчитываются по формуле 4.2

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot L \cdot (r_0 \cdot \cos \phi + x_0 \cdot \sin \phi) \cdot 100}{U_n}, \quad (4.2)$$

где;  $r_0$ ,  $x_0$  – погонное активное (мОм/м) и реактивное (мОм/м) сопротивление линии;  $L$  – длина линии, км.

Для прокладки в земле используются кабели марки ВБбШв. Внешний вид кабеля представлен на рисунке 4.1. Для прокладки в стенах используются кабели марки ВВг. Внешний вид представлен на рисунке 4.2. Выбор кабелей представлен в таблице 4.1.

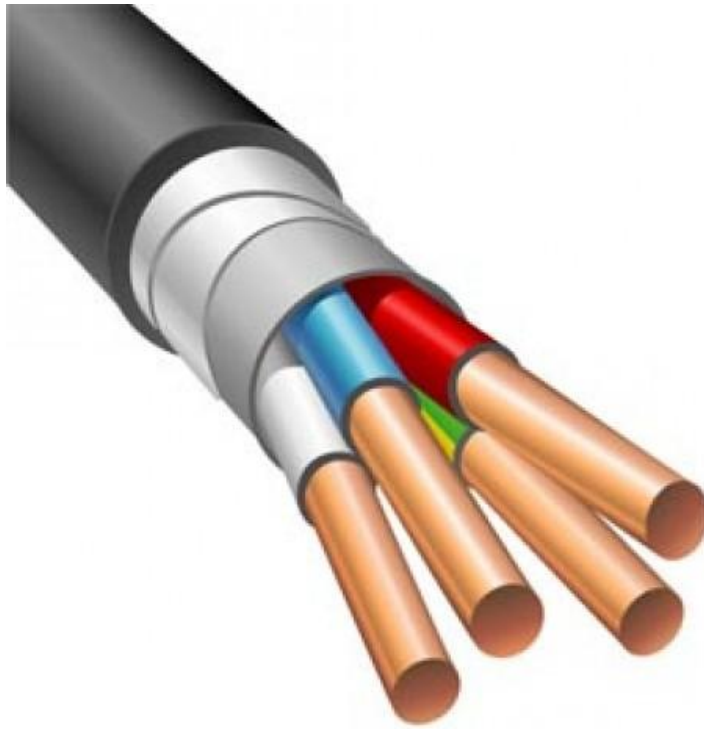


Рисунок 4.1 – Внешний вид кабеля ВБШВ

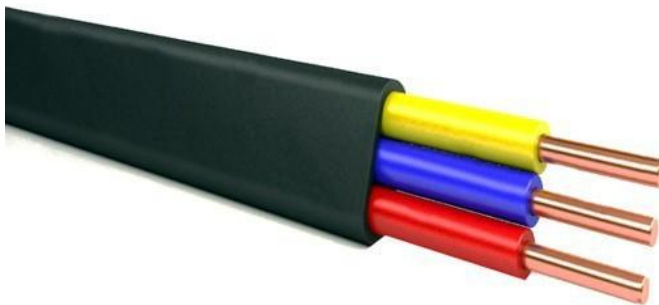


Рисунок 4.2 – Внешний вид кабеля ВВг

Таблица 4.1 – Выбранные марки кабелей

Наименование	Расчетный ток $I_p$ , А	$I_{доп}$ , А	Потери напряжения, %	Марка кабеля	Кол-во, шт
Ввод в здание №1	137,5	161	0,86	ВБбШв 4х70	8
Ввод в здание №10	173,5	198	1,6	ВБбШв 4х95	2
Ввод в здание №11	243,5	245	2,7	ВБбШв 4х120	2
Ввод в здание №А9	46,9	65	2,9	ВБбШв 4х16	2
Распределительная сеть здания №1	48,1	50	-	ВВГ 3х10	12
Распределительная сеть здания №10	31,6	34	-	ВВГ 3х6	3
Распределительная сеть здания №11	52,5	85	-	ВВГ 3х25	4
Распределительная сеть здания №А9	29,1	34	-	ВВГ 3х6	3
Розеточная сеть	-	21	-	ВВГ 3х2,5	-
Мощные потребители	-	34	-	ВВГ 3х6	-
Сеть освещения	-	15	-	ВВГ 3х1,5	-
Насос ГВС К80-50-315	53	70	-	ВВГ 4х16	10

Наименование	Расчетный ток $I_p$ , А	$I_{дон}$ , А	Потери напряжения, %	Марка кабеля	Кол-во, шт
Насос ХВС К80-50-250	31,7	34	-	ВВГ 3х6	10
Насос АЦМК80-65-200/210/2	43,3	50	-	ВВГ 3х10	10
Лифтовая установка	11,5	15	-	ВВГ 3х1,5	12

#### 4.2 Автоматические выключатели

Автоматические выключатели выбираются по расчетному току линии. К установке принимаем автоматические выключатели производства «Электроцит» [9] и «IEK» [10]. Выбор автоматических выключателей представлен в таблице 4.2

Таблица 4.2 – Выбор автоматических выключателей

Наименование	Расчетный ток, А	Тип выключателя
Выключатель шин 0,4 кВ	550	ВА-СЭЩ TS630
Отходящие линии к зданию №1	137,5	ВА-СЭЩ TD160
Отходящие линии к зданию №10	173,5	ВА-СЭЩ TS250
Отходящие линии к зданию №11	243,5	ВА-СЭЩ TS250
Отходящие линии к зданию №А9	46,9	ВА-СЭЩ TD100
Распределительная сеть здания №1	48,1	ВА47-29 С63

Наименование	Расчетный ток, А	Тип выключателя
Распределительная сеть здания №10	31,6	ВА47-29 С63
Распределительная сеть здания №11	52,5	ВА47-29 С63
Распределительная сеть здания №1	29,1	ВА47-29 С63
Вводной в квартиру	-	ВА47-29 С50
Розеточная сеть	-	ВА47-29 С32
Мощные потребители	-	ВА47-29 С40
Сеть освещения	-	ВА47-29 С16
Насос ГВС К80-50-315	53	ВА47-29 С63
Насос ХВС К80-50-250	31,7	ВА47-29 С32
Насос АЦМК80-65-200/210/2	43,3	ВА47-29 С50
Лифтовая установка	11,5	ВА47-29 С16

Внешний вид автоматических выключателей ВА-СЭЩ TS, ВА47-29 представлен на рисунках 4.3 и 4.4 соответственно.



Рисунок 4.3 – Внешний вид выключателя ВА-СЭЩ TS



Рисунок 4.4 – Внешний вид выключателя ВА47-29

### 4.3 Выбор аппаратов защиты человека

Дифференциальный автомат является средством защиты человека от поражения электрическим током.

В многоквартирных домах применение УЗО регламентируется ПУЭ. Выбор УЗО производится по номинальному току. Так как УЗО не имеет защиты от токов КЗ, оно должно быть защищено автоматическим выключателем с номиналом равным или меньшим установленному УЗО.

В соответствии с этим в многоквартирных домах принимаем к установке дифференциальный автомат с номиналом 32 А производства «IEK». Все розетки в жилых домах и административном здании имеют специальные заземляющие контакты, к которым подключается РЕ проводник.

Для насос ГВС К80-50-315 применяем дифференциальный автомат с номиналом 63А. Для насосов ХВС К80-50-250 и АЦМК80-65-200/210/2 применяем дифференциальные автоматы с номиналом 32А.

Применение дифференциального автомата позволяет не устанавливать дополнительный автоматический выключатель. Внешний вид представлен на рисунке 4.5.



Рисунок 4.5 – Внешний вид дифференциального автомата АД12

#### 4.4 Учет электроэнергии

Для учета электроэнергии в зданиях устанавливаются счетчики производства «Энергомера» марки СЕ 102М. Данные счетчики работают по двухтарифной системе учета электроэнергии. Внешний вид представлен на рисунке 4.6.



Рисунок 4.6 – Внешний вид счетчика СЕ 102М

## 5 Расчет токов короткого замыкания

Основными причинами возникновения коротких замыканий в сети могут быть: повреждения изоляции от частей электрических установок; направленного действия обслуживающего персонала; перекрытия токоведущих частей установки.

Расчет токов КЗ производим для самого мощного ближнего к трансформатору электроприемника. Расчет проводим с целью проверки выбранных автоматических выключателей.

Расчет проводим в трех точках: на РУ, на вводе в здание и на зажимах электроприемника.

Расчёты выполняются в соответствии с методикой, рекомендованной ГОСТом 28249 – 93 на расчёты токов КЗ в сетях напряжением до 1 кВ.

Расчетная схема изображена на рисунке 5.1, схема замещения на рисунке 5.2.

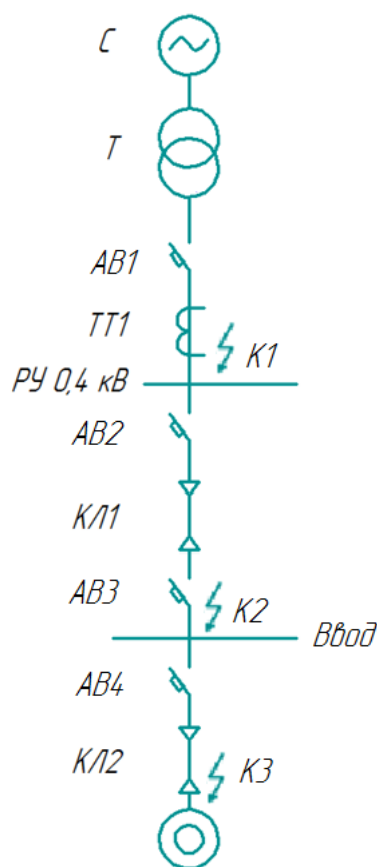


Рисунок 5.1 – Расчетная схема



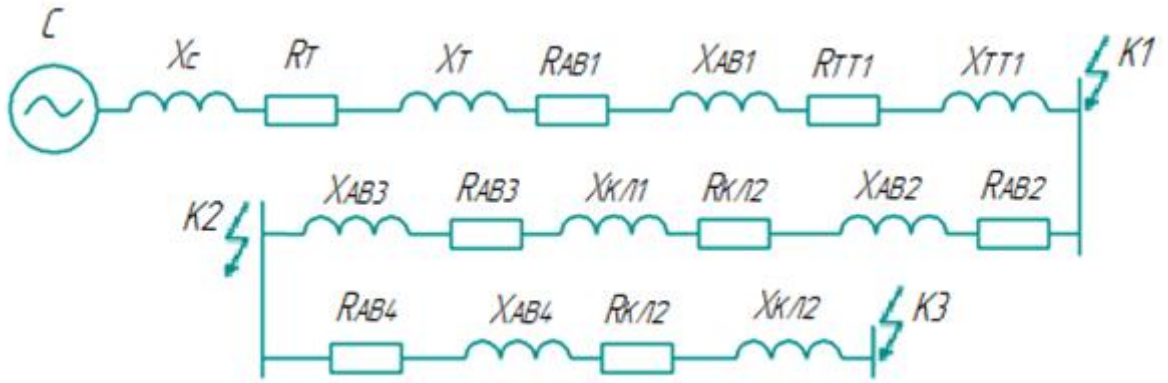


Рисунок 5.2 – Схема замещения

Вначале находим активные и реактивные сопротивления. Все сопротивления приводятся к  $U_6 = 0,4$  кВ.

Система:

$$S_k = 100 \text{ МВА};$$

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

Трансформатор:

$$Z = \frac{U_k \%}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{0,4^2}{1} = 8,8 \text{ МОм};$$

$$R = P_{кз} \cdot \frac{U_n^2}{S_n^2} = 10800 \cdot \frac{0,4^2}{1^2} = 1,7 \text{ МОм};$$

$$X = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{8,8^2 - 1,7^2} = 8,63 \text{ МОм.}$$

Трансформатор тока:

$$R_{ТТ1} = 0,2 \text{ МОм};$$

$$X_{\text{ТТ1}} = 0,3 \text{ мОм};$$

Автоматические выключатели:

$$R_{\text{AB1}} = 0,65 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{AB1}} = 0,17 \text{ мОм};$$

$$R_{\text{AB2}} = 0,42 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{AB2}} = 0,67 \text{ мОм};$$

$$R_{\text{AB3}} = 0,42 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{AB3}} = 0,67 \text{ мОм};$$

$$R_{\text{AB4}} = 2,15 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{AB4}} = 1,2 \text{ мОм}.$$

Кабельные линии:

$$R_{\text{КЛ1(0)}} = 0,265 \text{ мОм/м};$$

$$R_{\text{КЛ1}} = R_{\text{КЛ1(0)}} \cdot l = 0,265 \cdot 50 = 13,25 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{КЛ1(0)}} = 0,082 \text{ мОм/м};$$

$$X_{\text{КЛ1}} = X_{\text{КЛ1(0)}} \cdot l = 0,082 \cdot 50 = 4,1 \text{ мОм};$$

$$R_{\text{КЛ2}} = 1,16 \cdot 30 = 34,8 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{КЛ2}} = 0,095 \cdot 30 = 2,85 \text{ мОм}.$$

**К1:**

Найдем суммарное сопротивление:

$$R_{\Sigma} = R_{\text{T}} + R_{\text{AB1}} + R_{\text{ТТ1}} = 1,7 + 0,65 + 0,2 = 2,55 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma} = X_{\text{с}} + X_{\text{T}} + X_{\text{AB1}} + X_{\text{ТТ1}} = 1,6 + 8,63 + 0,17 + 0,3 = 10,7 \text{ мОм}.$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{2,55^2 + 10,7^2} = 10,9 \text{ мОм}.$$

Ток трехфазного металлического КЗ найдем по формуле:

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{U_{\text{ннн}}}{\sqrt{3} \cdot Z}; \quad (5.1)$$

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,0109} = 21 \text{ кА.}$$

Ударный ток найдем по формуле:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{\kappa}^{(3)}, \quad (5.2)$$

где  $K_y$  – ударный коэффициент.

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,25 \cdot 21 = 36,75 \text{ кА.}$$

**К2:**

Находим суммарное сопротивление. К сопротивлениям в точке К1 добавляются сопротивления  $R_{\text{AB2}}$ ,  $X_{\text{AB2}}$ ,  $R_{\text{КЛ1}}$ ,  $X_{\text{КЛ1}}$ ,  $R_{\text{AB3}}$ ,  $X_{\text{AB3}}$ .

$$R_{\Sigma} = 1,7 + 0,65 + 0,2 + 0,42 + 13,25 + 0,42 = 16,64 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma} = 1,6 + 8,63 + 0,17 + 0,3 + 0,67 + 4,1 + 0,67 = 16,14 \text{ мОм};$$

$$Z = \sqrt{16,64^2 + 16,14^2} = 23,1 \text{ Ом.}$$

По формуле (5.1) находим ток трехфазного металлического КЗ:

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,0231} = 10 \text{ кА.}$$

По формуле (5.2) находим ударный ток:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,17 \cdot 10 = 16,38 \text{ кА.}$$

**КЗ:**

Находим суммарное сопротивление. К сопротивлению в точке К2 добавляются оставшиеся сопротивления.

$$R_{\Sigma} = 53,59 \text{ мОм;}$$

$$X_{\Sigma} = 20,19 \text{ мОм;}$$

$$Z = \sqrt{53,59^2 + 20,19^2} = 57,2 \text{ Ом.}$$

По формуле (5.1) находим ток трехфазного металлического КЗ:

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,057} = 4 \text{ кА.}$$

По формуле (5.2) находим ударный ток:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,11 \cdot 4 = 6,2 \text{ кА.}$$

Теперь необходимо проверить выбранные автоматические выключатели.

По ударному току КЗ точки К1 проверяем выключатели ВА-СЭЩ TS632. Автоматические выключатели данного типа рассчитаны на ударные токи до 30 кА и, следовательно, выбраны верно.

По ударному току КЗ точки К2 проверяем выключатели ВА-СЭЩ TD160. Автоматические выключатели данного типа рассчитаны на ударные токи до 20 кА и, следовательно, выбраны верно.

По ударному току КЗ точки КЗ проверяем выключатели ВА-63. Автоматические выключатели данного типа рассчитаны на ударные токи до 15 кА и, следовательно, выбраны верно.

## 6 Система заземления и молниезащита зданий

### 6.1 Система заземления

В соответствии с ПУЭ в качестве системы заземления применяется система TN-C-S.

#### 6.1.1 Расчет заземления здания

В соответствии с [1] требуемое сопротивление заземления должно быть  $\leq 4$  Ом.

Вертикальные заземлители выполнены уголком 75x75x8 мм, длина 2 м. Уголки разбиты по контуру здания. Глубина заложения 1 м.

Расчетное удельное сопротивление для стержневых заземлителей (вертикальных заземлителей) рассчитываем по формуле (6.1):

$$\rho_{рас.в} = k_c \cdot \rho_{гр} , \quad (6.1)$$

где  $k_c$  - коэффициент сезонности для вертикальных заземлителей.

Расчетное удельное сопротивление для горизонтальных заземлителей рассчитываем по формуле (6.2):

$$\rho_{рас.в} = k_c \cdot \rho_{гр} , \quad (6.2)$$

где  $k_c$  - коэффициент сезонности для горизонтальных заземлителей.

Рассчитываем сопротивление растеканию одного вертикального заземлителя по формуле (6.3):

$$R_{г} = 0,292 \cdot \rho_{рас.в} \cdot k_c ; \quad (6.3)$$

Рассчитываем количество вертикальных заземлителей по формуле (6.4):

$$n_g = R_g / \eta_g \cdot R_u; \quad (6.4)$$

Рассчитываем расстояние между заземлителями:

$$a = P / n_g, \quad (6.5)$$

где P – периметр контура заземления, м.

Результаты расчета заземления сведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Заземление зданий

№ здания	Сопротивление растеканию вертикального заземлителя, Ом	Количество вертикальных заземлителей, шт.	Расстояние между заземлителями, м.
№1	11,4	32	4
№10	11,4	21	3
№11	11,4	25	3
№A9	11,4	18	2,5

## 6.2 Молниезащита зданий

Молниезащита зданий выполняется в соответствии с [1]

Молниезащита выполняется на крыше зданий. Молниезащита здания состоит из молниеотвода. На крыше здания крепится конструкция в виде сетки, к которой подключается молниеотвод. Сетка подключается к контуру заземления через шины, проложенные по стене вдоль здания.

## 7 Монтаж электрооборудования

### 7.1 Монтаж КТП

Монтаж КТП осуществляется во дворе жилого дома. КТП располагается в специальном здании, которое соответствует общей стилистике жилого квартала. Монтаж представлен на рисунках 7.1, 7.2, 7.3.



Рисунок 7.1 – Монтаж КТП





Рисунок 7.2 – Монтаж трансформатора



Рисунок 7.3 – Монтаж РУ 0,4 кВ

## 7.2 Монтаж кабельных линий

Кабельные линии от КТП до зданий прокладываются под землей в специальных траншеях (рисунок 7.4). В зданиях электропроводка является скрытой и прокладывается внутри стен в специальных гофрах (рисунок 7.5)



Рисунок 7.4 – Прокладка кабеля в траншее



Рисунок 7.5 – Прокладка кабеля в стене

### 7.3 Монтаж электрощитовых

Монтаж электрощитовых представлен на рисунке 7.6



Рисунок 7.6 – Монтаж электрощитовой

## Заключение

В выпускной квалификационной работе спроектирована система электроснабжения для 3 жилых домов и 1 административно-общественного здания. Нагрузка на ШНН с учетом освещения и дополнительной нагрузки составила 1344 кВА, расчетный ток  $I_p=1,94$  кА.

Были произведены необходимые расчеты для определения числа и мощности трансформаторов. Выбор производился из 2 вариантов:

-Вариант А: два трансформатора ТМГ – 1000

-Вариант Б: два трансформатора ТМГ – 1250

Сравнивая приведенные затраты, был выбран вариант А с 2 трансформаторами ТМГ – 1000/10/0,4.

Питание электроприемников осуществляется медными кабелями марки ВВГ и ВББШв.

Электрическая сеть защищена устройствами релейной защиты и автоматики. В качестве защиты электроприемников выбраны автоматические выключатели производства «Электрощит» и УЗО производства «АВВ»

Произведен расчет токов короткого замыкания, выполненный в соответствии с методикой рекомендованной ГОСТом 28249-93 на сеть напряжением до 1 кВ.

Расчет проводим в 3 точках схемы: на шинах 0,4 кВ; на вводных контактах в здание; для самого мощного и самого близкого к ТП электроприёмника.

Расчитаны ударные токи КЗ:  $i_{yK1} = 37$  кА;  $i_{yK2} = 16$  кА;  $i_{yK3} = 6,2$  кА.

Полученные данные были сравнены с паспортными, все автоматы были подобраны правильно.

Расчитана система заземления и молниезащита зданий.

Рассмотрены вопросы монтажа электрооборудования.

## Список использованных источников

1. СП 31.110–2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. 2003 г. – 75 с.
2. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 марта 2007 г. – М.: КНОРУС, 2007. – 488 с.
3. Консольные насосы [Электронный ресурс]: технические данные консольных насосов серии К80 – Электронный каталог/ URL: <http://electronpo.ru/nasos-k80-50> (дата обращения 15.02.16)
4. Агроводком [Электронный ресурс]: характеристики и описание насосов АЦМК – Электронный справочник/ URL: [http://www.agrovodcom.ru/pump/pump\\_all10.html](http://www.agrovodcom.ru/pump/pump_all10.html) (дата обращения 15.02.16)
5. Карачаровский механический завод [Электронный ресурс]: технические данные лифтовой установки КМЗ-630 – Электронный каталог/ URL: <http://www.kmzlift.ru> (дата обращения 15.02.16)
6. Световые технологии [Электронный ресурс]: технические данные светильников – Электронный каталог/ URL: <http://www.ltcompany.com/ru/> (дата обращения 20.02.16)
7. Проект Русский кабель [Электронный ресурс]: справочник по силовым кабелям 0,4 кВ – Электронный справочник/ URL: <http://www.ruscable.ru> (дата обращения 21.02.16)
8. Рожин, А.Н. Внутрицеховое электроснабжение: учебное пособие для выполнения курсового и дипломного проектов/ А.Н. Рожин, Н.С. Бакшаева. – Киров: 2006.
9. Электрощит [Электронный ресурс]: технические данные выключателей ВА-СЭЩ – Электронный каталог/ URL: <http://www.electroshield.ru> (дата обращения 2.03.16)

10. Группа компаний ИЕК [Электронный ресурс]: технические данные выключателей ИЕК – Электронный каталог/ URL: <http://www.iek.ru> (дата обращения 2.03.16)
11. Вахнина, В.В. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий : учебное пособие / В.В. Вахнина. – Тольятти : ТГУ, 2006.
12. Макаров Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ: в 6 т.: учеб.-произв. изд. Т.4/ под ред. гл. специалистов ОАО «Мосэнерго». – М. : Изд-во «Энергия», 2006.
13. Макаров Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ: в 6 т.: учеб.- произв. изд. Т.6/ под ред. гл. специалистов ОАО «Мосэнерго». – М. : Изд-во «Энергия», 2006.
14. ГОСТ Р 50571.8.94. Требования по обеспечению электробезопасности. – 1994.
15. . ГОСТ Р 50571.11.96. Требования к специальным электроустановкам. – 1996.
1. Christophe Preve. Protection Of Electrical Networks [Text] / Christophe Preve. – Liverpool, UK, British Library, 2004. – 508 p.
2. Roger Dugan C. Electrical Power System Quality, Second Edition [Text] / C. Roger Dugan. – USA, McGraw-Hill Professional Engineering, 2004. – 354 p.
3. Anthoni Pansini J. Guide To Electrical Power Distribution System, Sixth Edition [Text] / J. Anthony Pansini. – Lilburn, USA, The Fairmont Press, 2006. – 264 p.
4. Edvard Csanyi. Installations Where Use Of TN-C-S System Is Prohibited [Text] / Edvard Csanyi // Electrical Engineering Portal: <http://electrical-engineering-portal.com/installations-where-use-of-tn-c-s-system-is-prohibited>(дата обращения 12. 02. 16)
5. Edvard Csanyi . Methods Of Securing LV Circuit Breakers [Text] / Edvard Csanyi // Electrical Engineering Portal: <http://electrical-engineering-portal.com/methods-of-securing-lv-circuit-breakers> (дата обращения 15.02.16)

## Приложение А

### Приложение А1 – Паспортные данные насосов К80-50-315 и К80-50-250

Насос консольный	Об/мин	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Напор, м	КПД, %	Мощность насоса, кВт	Мощность эл/дв., кВт	Двигатель
К80-50-315	2900	30	128	41	25,5	37	АИР200М2
К80-50-250	2900	30	84	52	13,2	22	АИР180S2

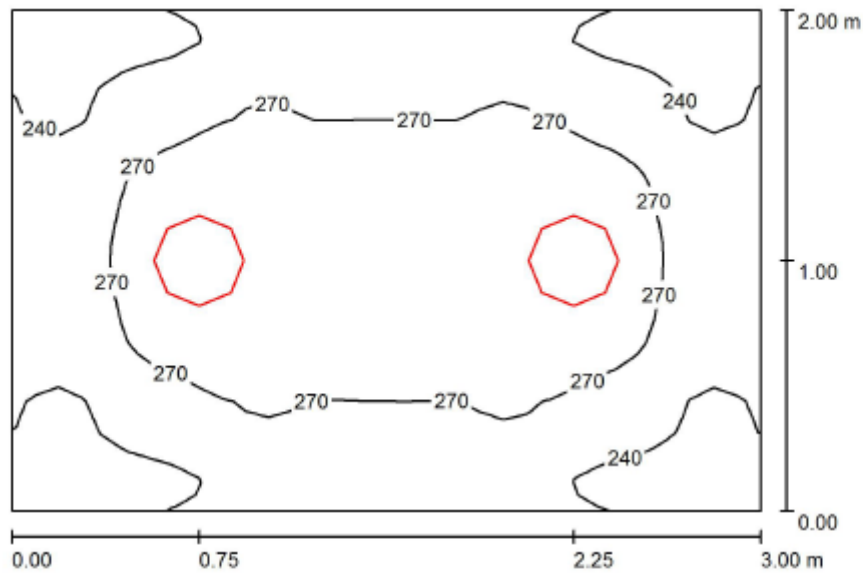
### Приложение А2 – Паспортные данные насоса АЦМК80-65-200/210/2

Насос	Подача насоса	Еденица измерения подачи	Напор насоса	Еденица измерения напора	Мощность насоса (кВт)	Обороты в минуту
АЦМК80-65-200/210/2	115	м.куб./час	57	м.в.ст.	30	2900

### Приложение А3 – Паспортные данные электродвигателя 5АН(Ф) 200 МА4/24

Серия	5АН(Ф)
Частота вращения об/мин	1500/250
Мощность, кВт	8/1,32
Напряжение, В	380
Номинальная мощность, кВт	8,0
Номинальная частота вращения, об/мин	1410
	215
Коэффициент мощности	0,89
Номинальный ток при 380 В, А	16,0/12,0

## Приложение Б



Высота помещения: 2.500 м, Монтажная высота: 2.500 м,  
Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Лух, Масштаб 1:26

Поверхность	$\rho$ [%]	$E_{cp}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_{cp}$
Рабочая плоскость	/	263	196	301	0.746
Полы	68	208	176	226	0.846
Потолок	78	163	129	188	0.795
Стенки (4)	78	209	137	335	/

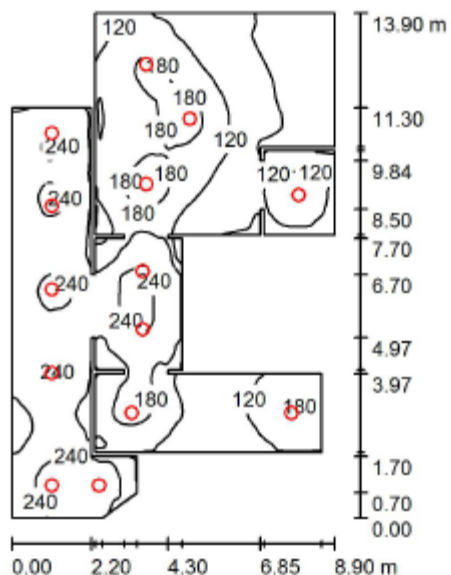
### Рабочая плоскость:

Высота: 0.850 м  
Растр: 32 x 32 Точки  
Краевая зона: 0.000 м

Число точек, имеющих менее 400 люкс (для IEQ-7): 100.00%.

## Приложение Б1 – Освещение отдельных помещений





Высота помещения: 2.500 m, Монтажная высота: 2.500 m,  
 Коэффициент эксплуатации: 0.80

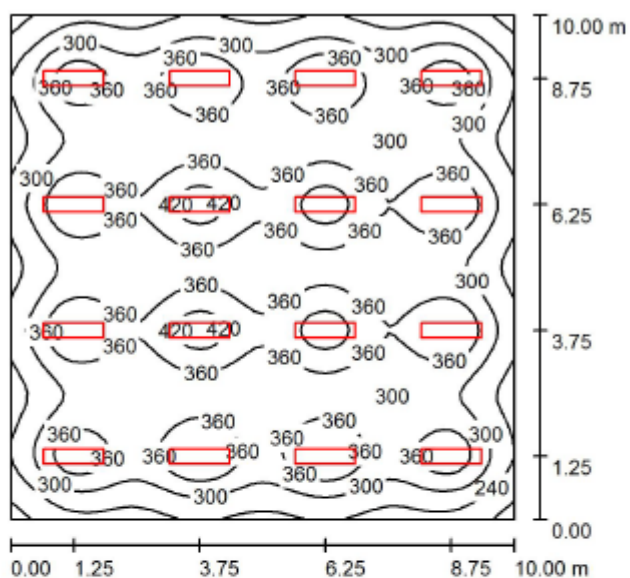
Значения в Lux, Масштаб 1:179

Поверхность	$\rho$ [%]	$E_{cp}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_{cp}$
Рабочая плоскость	/	159	21	291	0.133
Полы	68	143	46	232	0.323
Потолок	78	96	40	196	0.419
Стенки (41)	78	131	42	319	/

**Рабочая плоскость:**

Высота: 0.850 m  
 Растр: 128 x 128 Точки  
 Краевая зона: 0.000 m

Приложение Б2 – Освещение межквартирных коридоров



Высота помещения: 2.500 m, Монтажная высота: 2.500 m,  
Коэффициент эксплуатации: 0.67

Значения в Lux, Масштаб 1:129

Поверхность	$\rho$ [%]	$E_{cp}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_{cp}$
Рабочая плоскость	/	329	163	450	0.495
Полы	30	300	184	359	0.612
Потолок	80	97	75	112	0.776
Стенки (4)	60	179	88	261	/

**Рабочая плоскость:**

Высота: 0.850 m  
Растр: 64 x 64 Точки  
Краевая зона: 0.000 m

Число точек, имеющих менее 400 люкс (для IEQ-7): 91.16%.

Приложение Б3 – Освещение административно-общественного здания