

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого"

Институт энергетики и транспортных систем  
кафедра "Электрические системы и сети"

Работа допущена к защите  
зав. кафедрой, д.т.н.

\_\_\_\_\_ Е.Н. Попков  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2017 г.

ВЫПУСКНАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

«Проектирование системы электроснабжения многоквартирного дома в  
Колпинском районе Санкт-Петербурга»

Направление: «Электроэнергетика и электротехника»

Выполнил студент  
группы 353212/1

Е.А. Журавлев

Руководитель,  
к.т.н., доц.

И.Е. Рындина

Научный консультант

Д.А. Ярков

Санкт-Петербург  
2017 г.

## Аннотация

Тема выпускной квалификационной работы

«Проектирование системы электроснабжения многоквартирного дома в Колпинском районе Санкт-Петербурга».

Объем выпускной работы 46 страниц, она содержит 4 рисунка, 7 таблиц, 9 источников литературы.

Ключевые слова: система электроснабжения, кабельные линии, многоквартирный жилой дом.

В данной работе спроектирована система электроснабжения многоквартирного жилого дома, рассчитаны нагрузки потребителей, токи короткого замыкания и потери напряжения в кабельной линии. Определены сопротивления контурного заземлителя жилого дома. Рассмотрена система рабочего и аварийного освещения.

## Abstract

Topic of the graduate qualification work

«Design of the power supply system for the apartment house in the Kolpinsky district of Saint Petersburg».

The volume of the graduate qualification is 46 pages, and it contains 4 figures, 7 tables, 9 sources of literature.

Keywords: power supply system, cable lines, apartment house.

In the present graduate qualification work, the power supply system for the apartment house is designed, and consumers' loads, short-circuit currents and voltage losses in the cable line are calculated. The resistance of the planimetric grounding system of the apartment house is determined. The work and emergency lighting system is considered.

## Оглавление

Введение.....	4
1 Характеристика источника электроснабжения .....	5
2.1 Расчетная мощность, сведения о количестве электроприемников.....	7
2.2 Расчет сечения кабеля по допустимому току нагрева в нормальном и аварийном режимах.....	12
2.3 Расчет потерь напряжения в кабельных линиях 0,4кВ.....	13
2.4 Расчет токов короткого замыкания и выбор аппаратов защиты.....	15
2.5 Расчет сопротивления контурного заземлителя жилого дома.....	22
3 Требования к надежности электроснабжения и качеству электроэнергии..	25
4 Компенсация реактивной нагрузки, учет электроэнергии.....	26
5 Основные энергосберегающие мероприятия.....	27
6.1 Заземление и защитные меры безопасности.....	28
6.2 Система уравнивания потенциалов.....	32
6.3 Молниезащита.....	34
7 Сведения о типе, классе кабелей и осветительной арматуре, которые подлежат применению.....	35
8.1 Описание системы рабочего и аварийного освещения.....	37
8.2 Рабочее освещение.....	38
8.3 аварийное освещение.....	40
9 Экономика.....	41
10 Охрана труда.....	43
Заключение.....	45
Список литературы.....	46

## Введение

Электроснабжение основного оборудования по степени обеспечения надежности относится ко II категории в соответствии с классификацией правил устройства электроустановок (ПУЭ) и требованиям Сп256.1325800.2016, и осуществляется по двум кабельным вводам от внешней питающей сети напряжением ~380/220В переменного тока частотой 50 Гц.

Система заземления на вводно-распределительное устройство (ВРУ) типа TN-C-S. Электроснабжение объекта предусматривается от распределительного устройства (РУ)-0,4кВ отдельно стоящей трансформаторной подстанции (ТП).

Вводно-распределительное устройство запитано двумя взаиморезервируемыми кабельными линиями марки АПвБбШп-1-4х240. Кабели проложены в траншее, в земле на глубине 0,7м. Для распределения электропитания на силовое электрооборудование, светильники основного и аварийного освещения, проектом предусматриваются распределительные различные электрощиты. Для осуществления питания электроприемников I категории проектом предусмотрена установка автоматического ввода резерва (АВР).

К электроприемникам I категории надежности электроснабжения, согласно Сп 256.1325800.2016, относятся:

- лифтовое оборудование;
- аварийное освещение;
- оборудование системы диспетчеризации;
- система оповещения о пожаре;
- системы безопасности и связи;
- насосные станции;
- противопожарные устройства (системы подпора и дымоудаления, клапанов дымоудаления, систем пожаротушения).

## **1.1 Характеристика источника электроснабжения**

Электроснабжение жилого дома осуществляется от двух трансформаторной подстанции с трансформаторами типа ТМГ-1250/10/0,4.

Граница балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности электросети между потребителем и сетевой организацией, является точка присоединения мощности в главном распределительном щите (ГРЩ).

ГРЩ объекта присоединен к разным секциям РУ-0,4 трансформаторной подстанции двумя взаимно резервируемыми кабельными линиями типа АПвББШп-1-4х240 длиной 216 метров каждая.

Аппарат коммутации, обозначение, ток
Автомат защиты,
Номер группы

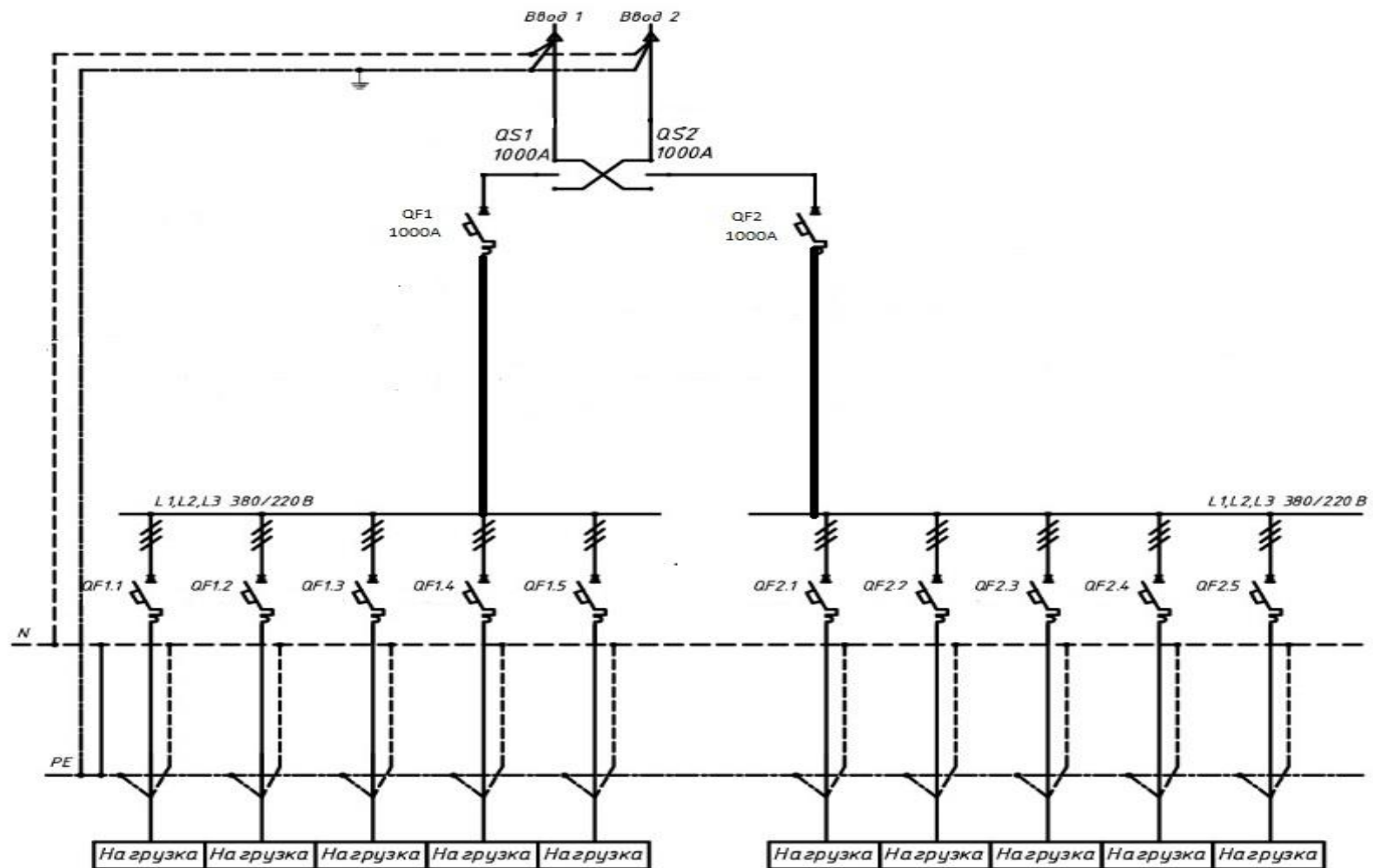


Рисунок 1.1.1 Схема электроснабжения

## 2.1 Расчетная мощность, сведения о количестве электроприемников

Расчет нагрузок жилого дома выполняем согласно, СП 256.1325800.2016 [1].

- Расчетная нагрузка питающих линий от электроприемников квартир  $P_{кв}$  кВт, определяется по формуле [1],

$$P_{кв} = P_{кв.уд} n \quad (2.1.1)$$

где:

$P_{кв.уд}$  – удельная нагрузка электроприемников квартир, а также учитывается нагрузка на освещение общедомовых помещений (лестничных клеток, подполей, технических этажей, чердаков и т.д.);

$n$  – число квартир, присоединённых к линии;

- Расчет нагрузки питания лифтовых установок  $P_{р.л}$  кВт, определяется по формуле [1],

$$P_{р.л} = K_{с.л} \sum_1^{n_{л}} P_{ni} \quad (2.1.2)$$

где:

$K_{с.л}$  – коэффициент спроса определяемый в зависимости от числа лифтовых установок и этажности здания;

$n_{л}$ - число лифтовых установок, питаемых линией;

$P_{ni}$  – установленная мощность электродвигателя лифта по паспорту, кВт;

- Расчетная нагрузка жилого дома (квартир и силовых электроприемников)  $P_{р.ж.д}$  кВт, определяется по формуле [1],

$$P_{р.ж.д} = P_{кв} + 0,9P_c \quad (2.1.3)$$

где:

$P_{кв}$  – расчетная нагрузка электроприемников квартир, кВт;

$P_c$  - расчетная нагрузка силовых электроприемников, кВт.



Таблица 2.1.1 Ввод 1+2, расчет нагрузок жилого здания

ГРЩ Ввод1													
№ п/п	Наименование потребителей	P <sub>y</sub> ,кВт	n,шт./S,м <sup>2</sup>	K <sub>совм.</sub>	Коэффициенты				P,кВт	Q,кВар	S,кВа	I,А	
					Руд.	Кс.	cosφ	tgφ					
1	Квартиры с электрическими плитами	-	199		1,27		0,98	0,20	252,73	50,55	257,74	391,59	
2	Лифты	12,40	4	0,90	-	0,60	0,65	1,17	29,76	34,82	45,80	69,59	
	26,78								31,34	41,22	62,63		
3	Наружное освещение	0,07	15			1,00	0,85	0,62	1,05	0,65	1,24	1,88	
4	вентиляция	10,00		0,90		0,60	0,85	0,62	6,00	3,72	7,06	10,73	
	5,40								3,35	6,35	9,65		
5	Слаботочная аппаратура, ОПС	3,00				1,00	0,70	1,02	3,00	3,06	4,29	6,51	
6	Офисные помещения	3,00	3			1,00	0,85	0,62	9,00	5,58	10,59	16,09	
Всего								0,85	0,71	297,96	94,52	321,42	488,35

Таблица 2.1.1 Продолжение

ГРЩ Ввод1												
№ п/п	Наименование потребителей	P <sub>y</sub> ,кВт	n,шт./S,м <sup>2</sup>	K <sub>совм.</sub>	Коэффициенты				P,кВт	Q,кВар	S,кВа	I,А
					Руд.	Кс.	cosφ	tgφ				
1	Квартиры с электрическими плитами	-	199		1,27		0,98	0,20	252,73	50,55	257,74	391,59
2	Лифты	12,40	4	0,90	-	0,60	0,65	1,17	29,76	34,82	45,80	69,59
	26,78								31,34	41,22	62,63	
3	Наружное освещение	0,07	15			1,00	0,85	0,62	1,05	0,65	1,24	1,88
4	вентиляция	10,00		0,90		0,60	0,85	0,62	6,00	3,72	7,06	10,73
	5,40								3,35	6,35	9,65	
5	Слаботочная аппаратура, ОПС	3,00				1,00	0,70	1,02	3,00	3,06	4,29	6,51
6	Офисные помещения	3,00	3			1,00	0,85	0,62	9,00	5,58	10,59	16,09
Всего							0,85	0,71	297,96	94,52	321,42	488,35

Таблица 2.1.2 Первая категория, расчет нагрузок жилого здания

ГРЩ Ввод2												
№ п/п	Наименование потребителей	P <sub>y</sub> ,кВт	n,шт./S,м <sup>2</sup>	K <sub>совм.</sub>	Коэффициенты				P,кВт	Q,кВар	S,кВа	I,А
					Руд.	K <sub>с.</sub>	cosφ	tgφ				
1	Квартиры с электрическими плитами	-	199		1,27		0,98	0,20	252,73	50,55	257,74	391,59
2	Лифты	12,40	4	0,90	-	0,60	0,65	1,17	29,76	34,82	45,80	69,59
	с коэф.								26,78	31,34	41,22	62,63
3	ИТП	2,50	2	0,90		1,00	0,80	0,75	5,00	3,75	6,25	9,50
	с коэф.								4,50	3,38	5,63	8,55
4	Повысительные насосы ГВС, ХВС	3,00	2	0,90		0,85	0,80	0,75	5,10	3,83	6,38	9,69
									4,59	3,44	5,74	8,72
5	Офисные помещения	3,00	3			1,00	0,85	0,62	9,00	5,58	10,59	16,09
Всего							0,86	0,70	297,60	94,28	320,91	487,57
Всего ввод 1+2							0,85	0,70	595,57	188,80	642,33	975,92

## 2.2 Расчет сечения кабеля по допустимому току нагрева в нормальном и аварийном режимах

Допустимый длительный ток в нормальном режиме работы рассчитываем по формуле [2],

$$I_{\text{дл. доп}} = I_{\text{доп}} * K1 \quad (2.2.1)$$

$I_{\text{доп}}$ -допустимая токовая нагрузка для кабеля (АПвБбШп-1-4х240),

согласно ТУ16.К71/277-98;

$K1$ -поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле (табл.1.3.26 ПУЭ)[2];

Допустимый длительный ток в аварийном режиме работы рассчитываем по формуле [2],

$$I_{\text{дл. доп}} = I_{\text{доп}} * K1 * K2 \quad (2.2.2)$$

Для аварийного режима  $K2=1.15$  (перегрузка кабелей п.1.3.6 ПУЭ)[2].

Таблица 1.2.1 Длительно допустимый ток

Наименование линии	$I_{\text{расч}}, \text{А}$	$I_{\text{дл. доп}}, \text{А}$	Тип кабеля
Ввод№1	487,96	1009,8	3[АПвБбШп-1-4]
Ввод№2	487,96	1009,8	3[АПвБбШп-1-4]
Аварийный режим	975,92	1161,27	3[АПвБбШп-1-4]

### 2.3 Расчет потерь напряжения в кабельных линиях 0,4кВ

Согласно ГОСТ 32144[3] – «нормально допустимые и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения  $\delta U$  на выводах приемников электрической энергии равны соответственно  $\pm 5\%$  и  $\pm 10\%$  от номинального напряжения электрической сети».

Расчет производим по формуле [5],

$$\Delta U = (PR + QX)/U \quad (2.3.1)$$

где:

P-Расчетная мощность, кВт;

Q-реактивная мощность, кВар;

L-длина линии, км;

U-напряжение, кВ;

R-активное сопротивление жилы, Ом/км;

X-индуктивное сопротивление жилы, Ом/км.

Таблица 2.3.1 Потери напряжения в кабельных линиях

Наименование линии	Ррасч,кВт	Q,кВар	L,км	U,кВ	R,Ом/км	X,Ом/км	$\Delta U$ ,%	Тип кабеля
Ввод№1	297,78	94,40	0,216	0,38	0,132	0,058	2,23	3[АПвБбШп-1-4]
Ввод№2	297,78	94,40	0,216	0,38	0,132	0,058	2,23	3[АПвБбШп-1-4]
Аварийный режим	595,57	188,80	0,216	0,38	0,132	0,058	4,47	3[АПвБбШп-1-4]

## **2.4 Расчет токов короткого замыкания и выбор аппаратов защиты**

В соответствии с табл. 1.7.1. п.1.7.79 ПУЭ [2] в системе TN время отключения питания в групповых цепях при фазном напряжении не должно превышать 0,4с.

Приведенное значение времени отключения считается достаточным для обеспечения электробезопасности, в том числе в групповых цепях, питающих передвижные, переносные электроприемники и ручной инструмент класса 1. В цепях, питающих распределительные, групповые и др. щиты и щитки, время отключения не должно превышать 5 с.

В соответствии с время-токовой характеристикой автоматических выключателей время срабатывания электромагнитного расцепителя при замыкании на корпус или нулевой защитный проводник (РЕ) и возникновении тока короткого замыкания, превышающего 10-ти кратное значение номинального значения тока автоматического выключателя, время отключения составляет менее 0,4 с, что обеспечивает выполнение требований ПУЭ п.1.7.19[2].

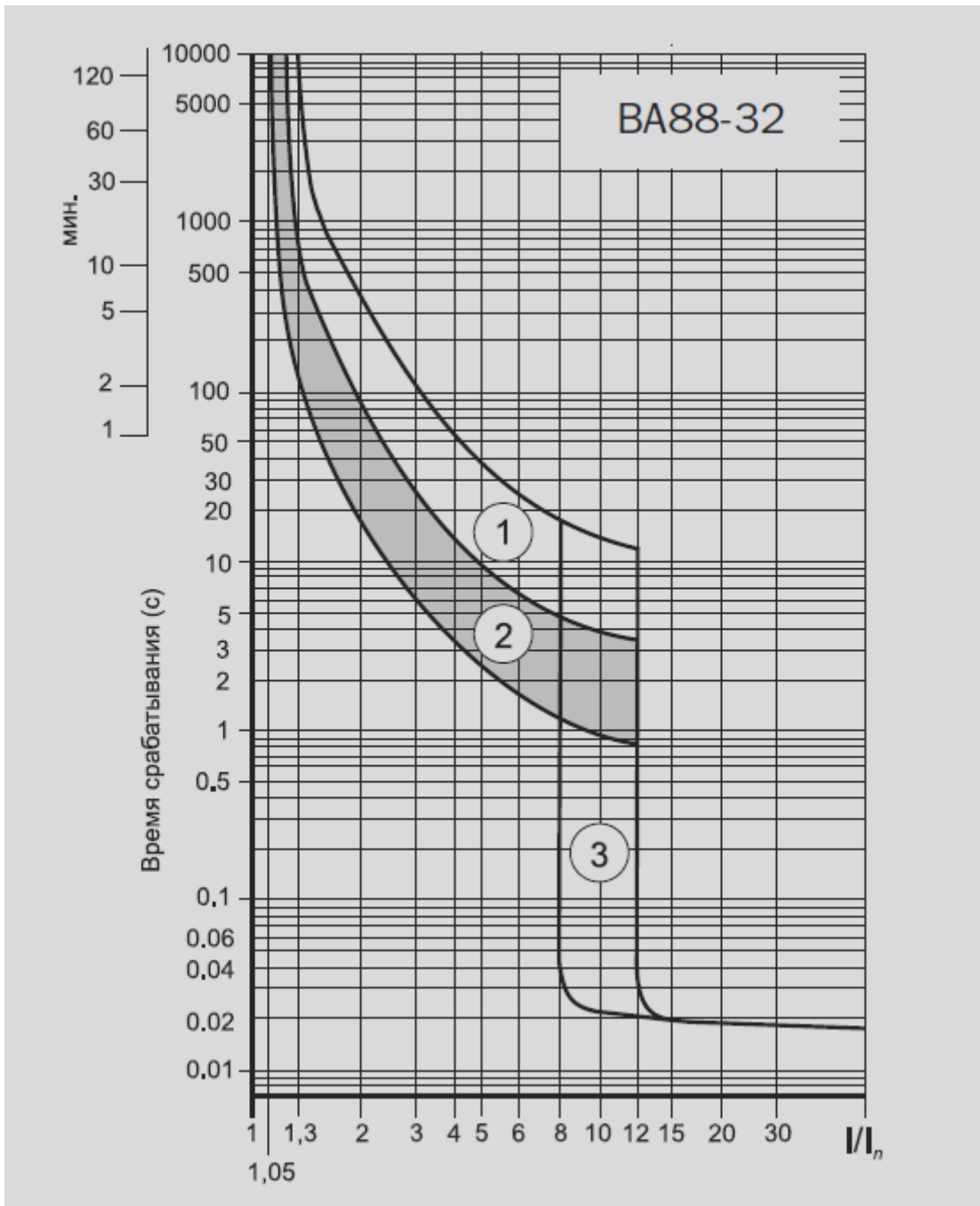


Рисунок 2.4.1 Время-токовая характеристика для автоматического выключателя до 125А



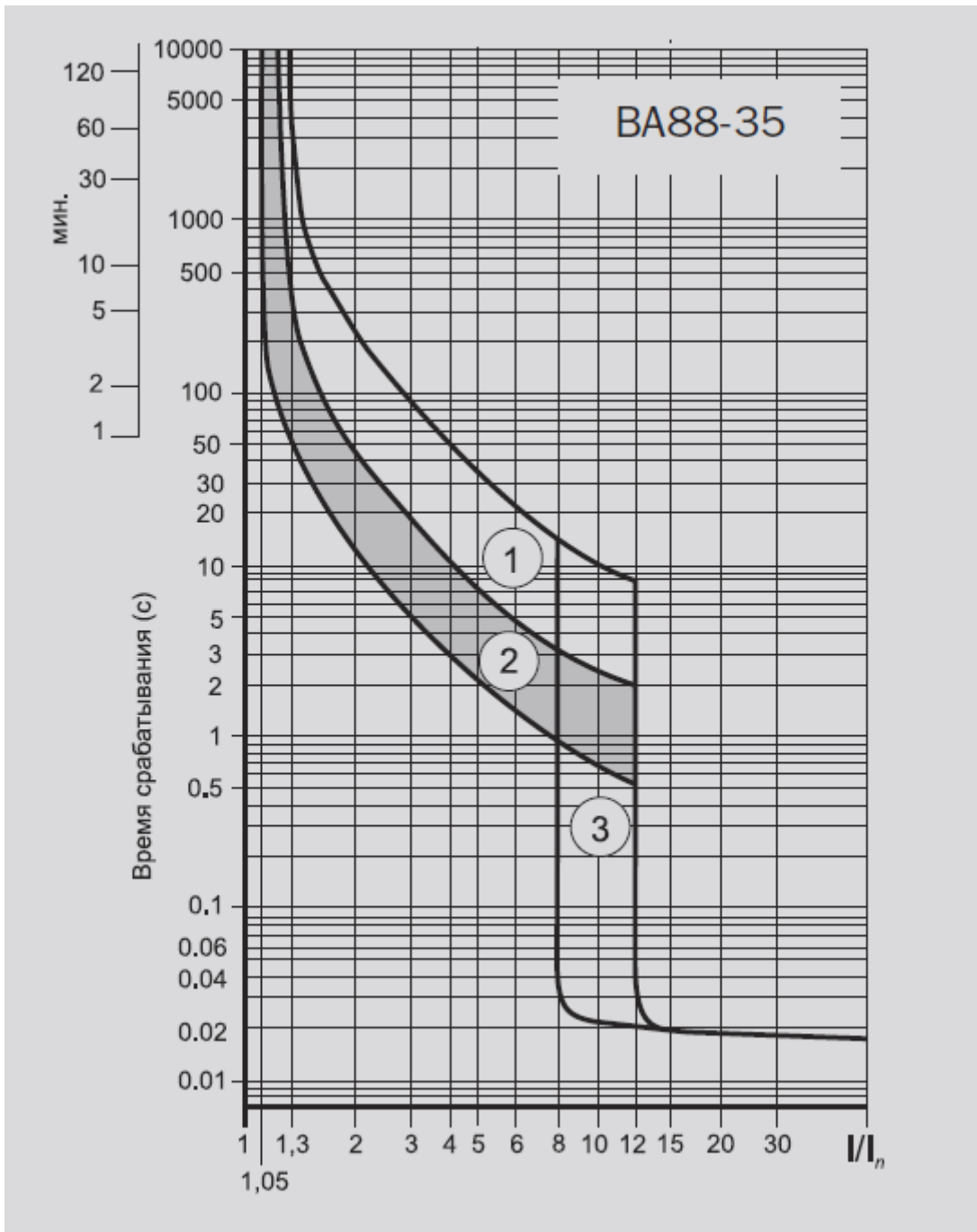


Рисунок 2.4.2 Время-токовая характеристика для автоматического выключателя до 250А

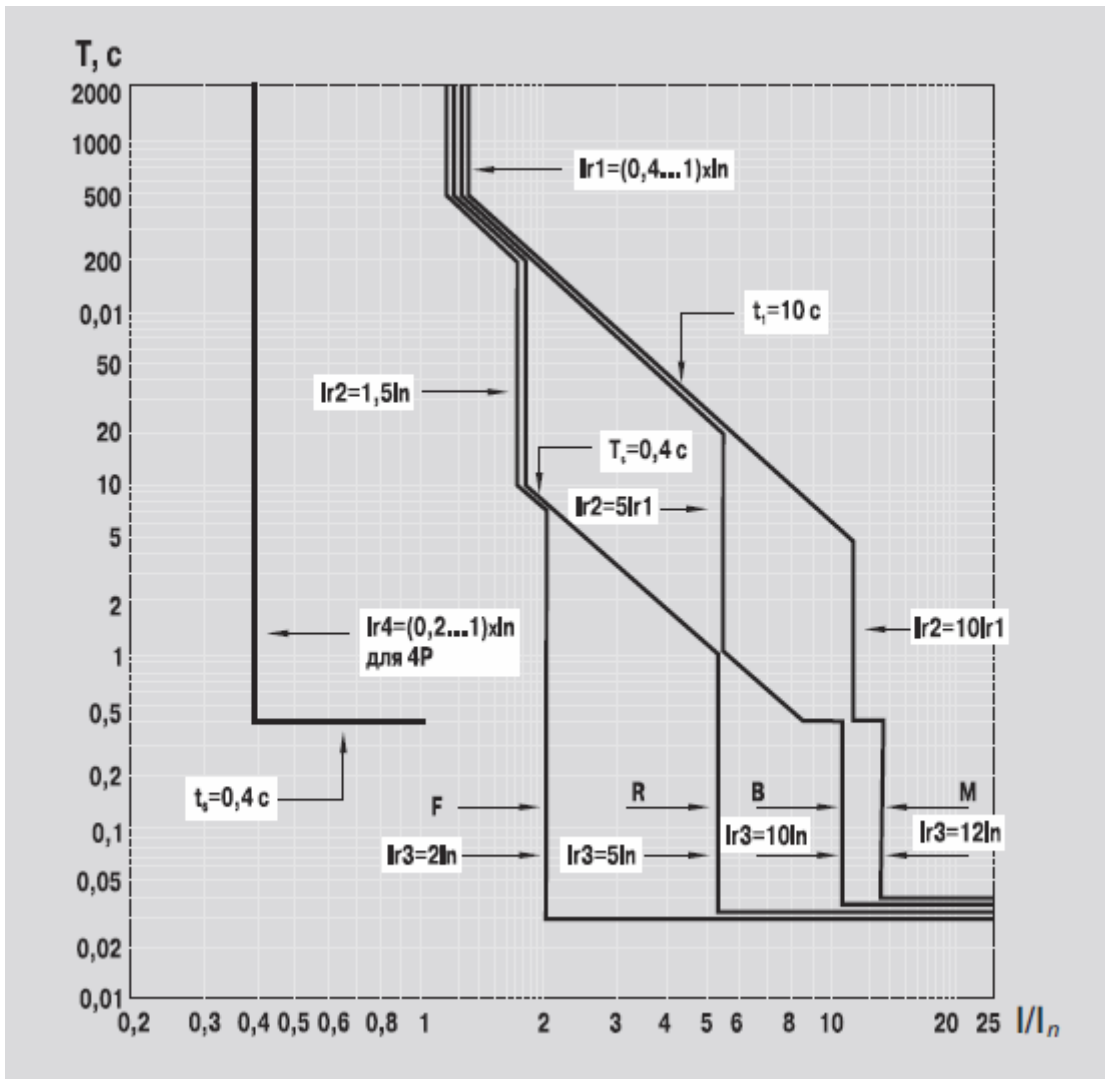


Рисунок 2.4.3 Время-токовая характеристика для автоматического выключателя до 1600А

Ток однофазного короткого замыкания определяем по формуле [6],

$$I_{\text{кз}} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{\text{тр}}}{3} + Z_{\phi-0}} \quad (2.4.1)$$

где:

$U_{\phi}$  – фазное напряжение сети, В;

$Z_{\phi-0}$  - полное сопротивление петли фаза-нуль от от трансформатора до точки КЗ, Ом;

$Z_{\text{тр}}$  - полное сопротивление понижающего трансформатора, определяется по формуле [6],

$$Z_{\text{тр}} = \frac{u_{\text{кз}} U_{\text{ном}}^2}{100 * S_{\text{ном.тр}}} \quad (2.4.2)$$

где:

$u_{\text{кз}}$ -Напряжение короткого замыкания, %;

$U_{\text{ном}}$ -номинальное напряжение трансформатора, кВ;

$S_{\text{ном.тр}}$ -полная мощность трансформатора, кВа.

Таблица 2.4.1 Токи короткого замыкания

Наименование линии	Z <sub>гр</sub>	Z <sub>ф-0</sub>	L, км	U	I <sub>кз</sub>	Тип кабеля	Защитный аппарат		Время срабатывания
							I <sub>ир</sub> , А	I <sub>к.з</sub> /I <sub>ир</sub>	
Ввод№1	0,00768	0,13	0,216	400	3077	3[АПвБбШп-1-4]	1000	3,08	Соотв.
Ввод№2	0,00768	0,13	0,216	400	3077	3[АПвБбШп-1-4]	1000	3,08	Соотв.
Щит этажный	0,00768	0,07	0,1	400	5413	ВВГнг-LS (5x70)	200	27,06	Соотв.
Щит квартирный	0,00768	0,22	0,05	400	1790	ВВГнг-LS (3x10)	63	28,42	Соотв.

Проверочные расчеты выполнены для наиболее загруженных и протяженных участков. Проверка условия срабатывания защитных аппаратов при однофазном коротком замыкании на остальных группах выполняется аналогично.

Так же номинальный ток автоматического выключателя, должен быть меньше длительно допустимого тока, пропускаемого проводником в соответствии с ПУЭ раздел 1.3., и табл. 1.3.6 ПУЭ [2] «Допустимый длительный ток для проводов с медными жилами с резиновой изоляцией в металлических защитных оболочках и кабелей с медными жилами с резиновой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной, натриевой или резиновой оболочке, бронированных и небронированных».

## 2.5 Расчет сопротивления контурного заземлителя жилого дома

Сопротивление растеканию заземляющего устройства, выполненного в виде контурного заземлителя, состоящего из горизонтальной сетки и вертикальных электродов, рассчитывается по формуле[7],

$$R = \frac{R_{11} * R_{22} - R_{12}^2}{R_{11} + R_{22} - 2 * R_{12}} \quad (2.5.1)$$

где:

$R_{11}$ -сопротивление растеканию горизонтальной сетки, Ом;

$R_{22}$ -сопротивление растеканию вертикальных электродов, Ом;

$R_{12}$ -взаимное сопротивление между горизонтальной сеткой и вертикальным электродом, Ом;

Сопротивление  $R_{11}$ ,  $R_{22}$ ,  $R_{12}$ , определяется по формулам [7]:

$$R_{11} = \frac{P}{\pi * L} \left( I * n \frac{2 * L}{\sqrt{b * h}} + 1,37 \frac{L}{\sqrt{S}} - 5,6 \right) \quad (2.5.2)$$

$$R_{22} = \frac{P}{2 * \pi * n * L} \left( I * n \frac{8 * I}{d} - 1 + \frac{2,75 * I}{\sqrt{S}} (\sqrt{n - 1})^2 \right) \quad (2.5.3)$$

$$R_{12} = \frac{P}{\pi * L} \left( I * n \frac{2 * L}{I} + 1,37 \frac{L}{\sqrt{S}} - 4,6 \right) \quad (2.5.4)$$

где:

$P$ - удельное сопротивление земли, Ом\*м;

$L$ - полная длина проводников, образующих горизонтальную сетку, м;

$S$ - площадь, покрытая сеткой, м<sup>2</sup> ;

$I$ - длина вертикального электрода, м;

$d$ - диаметр вертикального электрода, м;

$n$ - число вертикальных электродом;

$b$ - ширина полосы горизонтального проводника, образующего сетку, м;

$h$ - глубина заложения горизонтальной сетки.

Таблица 2.5.1 Сопротивление контурного заземлителя

$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$L, \text{м}$	$S, \text{м}^2$	$l, \text{м}$	$d, \text{м}$	$n, \text{шт}$	$b, \text{м}$	$H, \text{м}$
100	140	1000	8	0,016	8	0,05	0,6
$R_{11}, \text{Ом}$	$R_{22}, \text{Ом}$	$R_{12}, \text{Ом}$					
1,79	0,17	1,14					
$R, \text{Ом}$							
3,07							

Согласно ПУЭ глава 1.7 пункт 101 [2] Сопротивление заземляющего устройства в любое время года должно быть не более  $R < 4 \text{Ом}$ .



### **3. Требования к надежности электроснабжения и качеству электроэнергии**

Жилые дома относятся к I-II категории электроприемников по надежности электроснабжения [1].

I-категория включает в себя:

- противопожарные устройства (пожарные насосы, системы подпора воздуха, дымоудаления, пожарной сигнализации и оповещения о пожаре);
- лифты;
- аварийное освещение;
- индивидуальные тепловые пункты (ИТП);

II-категория включает в себя, комплекс остальных электроприемников (квартиры с электроплитами, освещение общедомовых помещений).

Качество электроэнергии должно соответствовать ГОСТ 32144-2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения»[3]

В нормальном режиме работы ГРЩ получает питание по двум взаимно резервируемым вводам от двух трансформаторной подстанции 10/0,4кВ.

В аварийном режиме питания осуществляется по одному из вводов.

Резервирование питания потребителей I-ой категории надежности электроснабжения осуществляется в автоматическом режиме с помощью автоматического ввода резерва (АВР).

#### **4. Компенсация реактивной нагрузки, учет электроэнергии**

Согласно СП 256.1325800.2016 [1], для потребителей жилых зданий компенсация реактивной мощности не требуется.

Расчеты за потребляемую электроэнергию являются одной из важных позиций договорных взаимоотношений между потребителем и энергоснабжающей организацией, учитывающих интересы обеих сторон.

Учет электрической энергии выполнен в соответствии с ПУЭ гл.1.5[2] предусмотрен электронными счетчиками активной энергии, установленными на вводах ГРЩ-0,4кВ, счетчики ЦЭ 2727 для внутреннего учета подключенные через измерительную коробку к трансформаторам тока.

Квартирный учет электрической энергии осуществляется счетчиками непосредственного включения, двух тарифными ЛЕ221.

На вводах в ВРУ встроенных помещений счетчиками Нева МТ123.

Общедомовых, лифтовых, аварийных нагрузок, нагрузок противопожарного оборудования – в ГРЩ-0,4кВ счетчиками ЦЭ2727.

## 5. Основные энергосберегающие мероприятия

Для уменьшения расхода электроэнергии в проектируемом здании проектом предусматриваются следующие мероприятия:

- применение современной аппаратуры, материалов и приборов учета расхода электроэнергии;
- использование высокоэффективных источников света и осветительной арматуры с электронным балластным сопротивлением, а также современных высокоэффективных светильников, конструкция которых позволяет увеличить световую отдачу осветительного оборудования, что способствует уменьшению их количества;
- использование светодиодных ламп с высокой световой отдачей и улучшенной цветопередачей;
- применение экономичных схемы размещения светильников параллельно световым проемам и их включения рядами;
- размещение силовых распределительных пунктов в центрах электрических нагрузок;
- равномерное распределение однофазных нагрузок по фазам;
- применение кабелей и проводов с медными жилами и преимущественно радиальных схем электроснабжения;
- применение в устройствах управления приводами двигателей преимущественно автоматизированных схем, позволяющих потреблять электрическую нагрузку в зависимости от требуемых параметров инженерных и технологических систем (частотное регулирование).
- применение автоматических схем управления инженерными системами в здании и сетями общего освещения.

## 6.1. Заземление и защитные меры безопасности

Для защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции предусматриваются: устройство защитного заземления (система заземления на стороне 0,4кВ TN-C-S по ГОСТ Р50571), автоматическое отключение питания, уравнивание потенциалов, молниезащита.

Токоведущие части электроустановки не должны быть доступны для случайного прикосновения, а доступные прикосновению открытые и сторонние проводящие части не должны находиться под напряжением, представляющим опасность поражения электрическим током как в нормальном режиме работы электроустановки, так и при повреждении изоляции.

Для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты от прямого прикосновения:

- основная изоляция токоведущих частей;
- ограждения и оболочки;
- установка барьеров;
- размещение вне зоны досягаемости;
- применение сверхнизкого (малого) напряжения.

Для дополнительной защиты от прямого прикосновения применяются устройства защитного отключения (УЗО) с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА.

Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении:

- защитное заземление;
- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- выравнивание потенциалов;
- двойная или усиленная изоляция;
- сверхнизкое (малое) напряжение;
- защитное электрическое разделение цепей;
- изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

Для защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении в электроустановках системы TN (TN-S, TN-C-S) должно быть выполнено автоматическое отключение питания.

Для автоматического отключения питания могут быть применены защитно-коммутационные аппараты, реагирующие на сверхтоки или на дифференциальный ток.

В электроустановках, в которых в качестве защитной меры применено автоматическое отключение питания, должно быть выполнено уравнивание потенциалов.

Заземление должно выполняться в соответствии с требованиями главы 1.7 ПУЭ[2] и ГОСТ Р50571. Защитному занулению подлежат:

- металлические конструкции распределительных устройств,
- кабельные конструкции,
- кабельные муфты,
- оболочки проводов и кабелей,

- трубы электропроводки (лотки, короба, тросы и полосы, на которых укреплены кабели и провода);
- другие металлические конструкции, на которых устанавливается электрооборудование.

В качестве нулевого защитного проводника используется проводник РЕ групповой и распределительной сети. В качестве меры безопасности предусматривается защитное зануление осветительных установок, для чего используется третий специальный провод сети электроосвещения, присоединенный к каждому токоприемнику. Для защиты групповых линий, питающих штепсельные розетки переносных электрических приборов, предусматриваются устройства защитного отключения (УЗО) с током утечки до 30 мА.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных при установке светильников общего освещения над полом менее 2,5м применяются светильники класса 2 или 3; при использовании светильников класса 1 группа защищается УЗО с током срабатывания до 30мА.

В цепях питания электроприемников систем противопожарной защиты УЗО не устанавливаются.

В соответствии с пунктом 2.1.31 ПУЭ [2] электропроводка должна обеспечивать возможность легкого распознавания по всей длине проводников по цветам.

Меры защиты от косвенного прикосновения применяются ко всем металлическим корпусам электрооборудования и светильников, распределительных щитов, устройствам для прокладки кабелей, оболочкам кабелей, опорным конструкциям шинпроводов и другим металлическим частям. Для обеспечения вышеуказанных мер используется РЕ-проводник

(отдельная жила групповых и распределительных кабелей с изоляцией желто-зеленого цвета), а также дополнительно прокладываемые проводники.

Проектом предусматриваются дополнительные системы уравнивания потенциалов в санузлах. В нишах устанавливаются коробки уравнивания потенциалов ШУП, к которым присоединяются металлические корпуса ванн, арматурная сетка поддонов, трубы водопровода. Коробки уравнивания потенциалов присоединены к шинам РЕ квартирных щитов кабелем ВВГнгLS 1х6 мм.кв.

Меры по заземлению и электробезопасности в помещениях кроссовых выполняются согласно ГОСТ50571.20-2000 "Защита электроустановок от перенапряжений, вызванных электромагнитными воздействиями" и ГОСТ50571.21-2000 "Заземляющие устройства и системы уравнивания электрических потенциалов в электроустановках, содержащих оборудование обработки информации".

Для выполнения надежной электрической связи, снятия статического электричества и обеспечения эквипотенциальной сторонних проводящих частей здания – между стыковых соединений воздухопроводов и секций кабельных лотков, а также во фланцевых соединениях различных трубопроводов предусматриваются дополнительные перемычки медными проводниками.

## 6.2. Система уравнивания потенциалов

В соответствии с требованиями ПУЭ [2] п. 1.7. 82 на вводах в здание выполняется основная система уравнивания потенциалов, соединяющая между собой следующие проводящие части:

- защитный проводник (РЕ-проводник или PEN-проводник) питающей линии;
- заземляющий проводник, присоединенный к естественному или искусственному заземлителю (если заземлитель имеется, кроме технологического);
- металлические трубы коммуникаций, входящих в здание (трубы горячего и холодного водоснабжения, канализации, отопления и т.п.);
- металлический каркас здания;
- металлические части централизованных систем вентиляции;
- направляющие лифтов;
- систему молниезащиты.

Соединение указанных проводящих частей между собой выполняется при помощи главной заземляющей шины (ГЗШ), сечение которой должно быть не меньше сечения PEN-проводника питающей линии. В проектируемом здании в качестве главной заземляющей шины используется шина РЕ вводно-распределительного устройства ГРЩ. Главная заземляющая шина должны быть медной и на обоих концах обозначена полосами зелено-желтого цвета одинаковой ширины. Сечение проводников основной системы уравнивания потенциалов - 25 мм<sup>2</sup> по меди. Присоединение трубных коммуникаций к главным заземляющим шинам выполнять с помощью хомутов из полосовой стали и гибких медных проводников сечением 25,0 мм<sup>2</sup>, либо приваркой полосовой сталью.



Согласно п. 7.1.88 ПУЭ[2] во всех ваннных и душевых помещениях проектом предусматриваются дополнительные системы уравнивания потенциалов, к которым присоединяются все металлические части оборудования душевой или ванной комнаты, нормально не находящиеся под напряжением (трубопроводы холодной и горячей воды, корпуса ванн или душевых поддонов и пр.).

### **6.3 Молниезащита**

В соответствии с СО 153-34.21.122-2003г[8]. здания жилых домов относятся к сооружениям с уровнем молниезащита III категории.

В качестве молниепремника используется молниеприемная сетка. Молниеприемная сетка выполняется из стальной проволоки  $D=8$  мм и укладывается на кровлю сверху. Шаг молниеприемной сетки не более 10м. Узлы сетки соединить сваркой.

В качестве токоотводов используется арматура диаметром не менее 8мм, проложенная в железобетонных конструкциях стен.

В качестве вертикального заземлителя используется арматура свай. В качестве горизонтального заземлителя используется арматурный каркас ростверка. Все соединения элементов МЗС предусматривается выполнить при помощи сварки.

Все выступающие над кровлей здания металлические элементы (вентиляционные шахты и т.д.) необходимо присоединить к металлическим конструкциям здания (соединение выполнить сваркой).

Все элементы молниезащиты соединить между собой сваркой.

## **7. Сведения о типе, классе проводов и осветительной арматуры, которые подлежат применению**

Для распределительной и групповой сети выбраны кабели ВВГнг(А)-LS, АВВГнг-LS; для сетей систем противопожарной защиты – ВВГнг(А)-FRLS. Все кабели и электропроводки (начиная от ГРЩ) в трехфазных сетях – пятижильные, в однофазных сетях – трехжильные.

Освещение придомовой территории выполняется светильниками ЖКУ30-70, устанавливаемыми на металлических опорах ОГККВ-7,5 (h = 7,5 м), и светильниками ЖТУ 11N-70, устанавливаемыми на металлических опорах КО- 1-1-4,0 (h = 4,0 м).

Электрические сети прокладываются:

- распределительные и групповые сети в техподполье - открыто на лотках кабелем ВВГнг(А)-LS , сеть освещения техподполья - открыто по стенам и потолку кабелем ВВГнг(А)-LS;
- распределительные и групповые сети по подвалу-открыто на лотках ДКС, сеть освещения подвала- в стальных трубах кабелем ВВГнг(А)-LS;
- вертикальные участки (стояки) распределительных и групповых линий – в стальных трубах диаметром 50мм кабелем марки ВВГнг(А)-LS;
- вертикальные участки (стояки) освещения лестничных клеток, лифтовых холлов и коридоров - в стальных трубах диаметром 50мм кабелем марки ВВГнг(А)-LS;
- горизонтальные участки к светильникам лифтовых холлов и коридоров- скрыто кабелем марки ВВГнг(А)-LS в трубах ПВХ, замоноличенных в плиты перекрытий 1-9 этажей;
- вертикальные участки (стояки) к пассажирским лифтам- кабелем ВВГнг(А)-LS;

- сеть освещения шахт лифта выполняется кабелем марки ВВГнг(А)-LS на струнах;
- распределительные сети к квартирным щиткам ЩК- кабелем марки ВВГнг(А)-LS 3x10 мм.кв. в замоноличенных в стеновые панели трубах ПВХ;

Внутриквартирные сети от квартирного щитка выполняются:

- верхний свет - кабелем марки ВВГнг(А)-LS сечением 1,5 кв.мм в трубах ПВХ потолке данного этажа, замоноличенных в плиты перекрытий и в каналах плит стеновых панелей, предусмотренных в конструкторской части;
- к штепсельным розеткам - кабелем марки ВВГнг(А)-LS сечением 2,5 кв.мм (для электроплиты-проводом сечением 6 кв.мм.) в трубах ПВХ в полу данного этажа, замоноличенных в плиты перекрытий и в каналах плит стеновых панелей, предусмотренных в конструкторской части.

Прокладку проводов и кабелей выполнить согласно СП 256.1325800.2016. Трубы ПВХ для электропроводки выполняются из негорючего пластика и имеют сертификат пожарной безопасности НПБ 246-97.

Все распайки осуществляются в распаечных коробках. Монтажные ниши, где производится распайка, закрываются декоративными крышками. Все стояки, проходящие через плиты перекрытий, прокладываются в отрезках водогазопроводных труб. В целях герметизации отверстия в стенах техподполья и технического этажа, а также в перекрытиях после установки отрезков труб для прокладки электросетей надлежит заделывать цементным раствором.

После затяжки проводов в отрезки труб зазоры в них заделываются негораемым и легкопробиваемым раствором (цемент с песком по объему 1:10 или перлит, вспученный со строительным гипсом 1:2, пункт 3.65 СНиП 3.05.06-85).

## 8.1 Описание системы рабочего и аварийного освещения

Эвакуационное освещение предусмотрено:

- в вестибюле 1-го этажа,
- на лестнице,
- в лифтовых холлах в поэтажных внеквартирных коридорах,
- в тамбурах лестниц.

Питание рабочего освещения машинного отделения лифтов, выхода на кровле, запроектировано со щита освещения ЩО.

Питание рабочего освещения лифтовых шахт запроектировано с ВРУ.

Антипаническое освещение предусматривается в общедомовых коридорах, лифтовом холле, тамбуре, незадымляемой лестнице.

Резервное освещение предусмотрено в насосной, в техническом коридоре, в машинном отделении лифта, электрощитовой.

Световые указатели предусмотрены по путям эвакуации.

Запроектировано автоматическое управление освещением для помещений с естественным светом: лестницы, тамбуры выхода на лестницу, лифтовые холлы типовых этажей, помещения мусоропровода, подсветом входов в здание.

Освещение темных коридоров, вестибюлей, лифтовых холлов 1-го этажа включены круглые сутки с ВРУ.

Ремонтное освещение предусматривается: в электрощитовой, в узле ввода, насосной, в машинном помещении лифта.

## 8.2 Рабочее освещение

Рабочее освещение предусмотрено для всех помещений.

Проектом предусмотрена установка клеммных колодок, подвесных патронов, светильников с лампами в комнатах, кухнях и коридорах. В санузлах квартир предусмотрена установка настенного патрона над дверью, на высоте 2,25м. В ванных - светильника класса защиты 2 над умывальником на высоте не менее 2 м.

Выбор и размещение светильников обеспечивает нормируемые показатели освещенности в соответствии с СП 52.13330.2011.

Для создания равномерного освещения в помещениях использовано равномерное размещение светильников по площади прямоугольника. Расчет осветительных установок произведен методом удельной мощности с учетом коэффициента запаса  $K_z=1,5$ , повышающего расчетную освещенность по сравнению с нормируемой и используемого для учета снижения освещенности в процессе эксплуатации (вследствие запыления и загрязнения светильников, а также из-за снижения светового потока ламп).

Исполнение светильников и выключателей по степени защиты соответствует категориям помещений, в которых они размещаются:

- в помещениях с нормальной средой степень защиты не ниже IP20;
- во влажных – не ниже IP23;
- в пожароопасных – не ниже IP44, и на улице - IP65.

В соответствии со СП 52.13330.2011 принята освещенность:

<b>Помещение</b>	<b>Уровень освещения</b>	<b>Источник света</b>
<u>Жилые помещения</u>		
Жилые комнаты, кухни	150Лк на полу	КЛЛ
Коридоры, ванные, уборные	50Лк на полу	КЛЛ
<u>Места общего пользования</u>		
Поэтажные коридоры	20Лк на полу	ЛЛ (КЛЛ)
Вестибюли	30Лк на полу	ЛЛ (КЛЛ)
Лестницы и лестничные площадки	20Лк на полу, ступени	ЛЛ (КЛЛ)
Лифтовые холлы	50Лк на полу	ЛЛ(КЛЛ)
Помещения диспетчерской	300Лк	ЛЛ
Площадки входа в дом	6Лк	ЛЛ (КЛЛ)
Офисные помещения	300Лк	ЛЛ (КЛЛ)
<u>Технические помещения</u>		
Электрощитовые, насосные, ИТП, вент. камеры, водомерные узлы.	50Лк на полу	ЛЛ (КЛЛ)
Шахта лифта	50Лк	ЛЛ (КЛЛ)

### **8.3 Аварийное освещение**

Аварийное освещение предусматривается на случай нарушения питания рабочего освещения и подключается к источнику питания, не зависящему от источника питания рабочего освещения.

Питание групп аварийного освещения, от секции ГРЩ противопожарных нагрузок, расположенной в электрощитовом помещении.



## 9. Экономика

Целью технико-экономических расчётов является определение оптимального варианта схемы, параметров электросети и её элементов. Для систем электроснабжения промышленных предприятий характерна многовариантность решений задач, которая обусловлена широкой взаимозаменяемостью технических решений.

При технико-экономических расчётах систем электроснабжения соблюдают следующие условия сопоставимости вариантов:

- технические, при которых сравнивают только взаимозаменяемые варианты при оптимальных режимах работы и оптимальных параметрах, характеризующих каждый рассматриваемый вариант;
- экономические, при которых расчёт сравниваемых вариантов ведут применительно к одинаковому уровню цен и одинаковой достижимости принятых уровней развития техники с учётом одних и тех же экономических показателей, характеризующий каждый рассматриваемый вариант.

Каждый рассматриваемый вариант должен соответствовать требованиям, предъявляемым к системе промышленного электроснабжения соответствующими директивными материалами, отраслевыми инструкциями и ПУЭ.

В технико-экономических расчётах используют укрупненные показатели стоимости (УПС) элементов системы электроснабжения, а так же УПС сооружения подстанций в целом. В УПС не включены некоторые статьи расхода, поэтому их не применяют для определения реальной стоимости сооружения объекта, а используют при сравнительных расчётах вариантов. УПС основных элементов системы электроснабжения приведены в приложении к данному пособию.

В соответствии с существующей методикой технико-экономических расчётов в качестве основного метода оценки рекомендуется метод срока окупаемости. В этом случае показателями являются капитальные вложения (затраты) и ежегодные (текущие) эксплуатационные расходы. Экономические (стоимостные) показатели в большинстве случаев являются решающими при технико-экономических расчётах. Однако, если рассматриваемые варианты равноценны в отношении стоимостных показателей, предпочтение отдают варианту с лучшими техническими показателями.

При экономических расчётах для сравнения двух вариантов используют метод срока окупаемости, лет.

## 11. Охрана труда

При монтаже, эксплуатации электроустановок жилого дома необходимо руководствоваться «Правилами устройства электроустановок», а также «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок», и «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей».

Мощность электрооборудования напрямую обуславливает тип и размерность кабельной продукции и защитных автоматов. Стабильность работы системы электропитания зависит и от предложенного варианта аварийного питания и стабилизации напряжения. Кроме того, для обеспечения безопасности объекта необходимо наличие системы молниезащиты и заземления. При работе по устройству электросетей следует четко соблюдать требования нормативных документов.

Безопасность электроснабжения охватывает широкий спектр задач.

Система электроснабжения включает следующие аспекты безопасности:

- общие требования безопасности;
- функции систем безопасности, зависящие от электроснабжения;
- электробезопасность;
- пожарная безопасность;
- информационная безопасность (сохранность информации, предотвращение несанкционированного доступа по цепям питания, защита от преднамеренного воздействия на цепи питания).

Необходимо отметить, что соблюдение правил внутреннего распорядка, требований внутриобъектного режима и применения технических и инженерных средств защиты электроустановок — вот основные, но далеко не единственные направления.

Электромашинные помещения, предназначенные для размещения щитового оборудования и источников бесперебойного питания, должны иметь прочные входные двери, оборудованные системой контроля доступа и защищенные охранной сигнализацией. В отдельных случаях, ввиду особых рисков, применяется и система видеонаблюдения. Кроме того, электромашинное помещение, где размещается электрооборудование, не требующее постоянного управления и обслуживания, должно ставиться под сигнализацию. Доступ в такое помещение производится только с уведомлением и с разрешения поста охраны. Рекомендуется, чтобы информация о доступе в электромашинные помещения поступала не только на пульт охраны, но и на специальное оборудование для диспетчера. При размещении электромашинных помещений на первых этажах административных или служебных зданий на окна помещений дополнительно устанавливаются внутренние раздвижные металлические решетки, запираемые на замок.

Функции систем безопасности, находящиеся в непосредственной зависимости от электроснабжения, заключаются в сохранении работоспособности систем безопасности в случаях, если исчезнет питание от системы внешнего электроснабжения, а также произойдет авария в системе внутреннего электроснабжения.

## Заключение

В процессе выполнения выпускной работы было спроектирована система электроснабжения жилого многоквартирного дома.

Спроектированная система электроснабжения 9-этажного жилого дома имеет следующую структуру: электроснабжение жилого дома осуществляется по взаиморезервируемым кабельным линиям от трансформаторной подстанции 10/0,4кВ, с двумя масляными трансформаторами.

Выполнены расчеты электрических нагрузок, с помощью метода коэффициента спроса, общая нагрузка составила 595,5 кВт.

Произведен подбор кабеля на основании потерь напряжения в кабельных линиях и длительно допустимого тока в нормальном и аварийном режимах.

Расчитаны токи короткого замыкания и подобраны аппараты защиты.

Произведен выбор оборудования для учета электроэнергии, проработан вопрос молниезащиты и уравнивания потенциалов.

Рассмотрен вопрос о современных методах энергосбережения, спроектирован и рассчитан контур заземления жилого дома.

## Список литературы

1. СП 256.1325800.2016 Электроустановки жилых зданий правила проектирования и монтажа. 2016г.
2. Правила устройства электроустановок. Шестое и седьмое издание. Новосибирск Норматика 2017г.
3. ГОСТ 32144-2013 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
4. ГОСТ Р 50571.5.54-2011 Электроустановки низковольтные.
5. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных и гражданских зданий. Юрий Дмитриевич Сибикин Издательский центр «Академия» 2006-368с.
6. Кабышев А.В. Расчет и проектирование электроснабжения объектов и установок: учебное пособие/ А.В. Кабышев, С.Г. Обухов.-Томск Издательство ТПУ, 2006-248с.
7. Карякин Р.Н. Нормы устройства сетей заземления. ЗАО «Энергосервис» 2002-238с.
8. СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций.
9. Файбасович Д.Л. Справочник по проектированию электрических сетей / И.Г. Карапетян, Д.Л. Файбасович, И.М. Шапиро. Под ред. Д.Л. Файбасовича. – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2005-320с.