

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра электрооборудования и транспорта

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующая кафедрой ЭТ

\_\_\_\_\_ А.О. Прокубовская

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
**РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА СИСТЕМ**  
**ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КОТТЕДЖА**

Исполнитель:

студент группы ЗЭС-404С

Р.В. Хусаинов

Руководитель:

старший преподаватель кафедры ЭТ

Ю.А. Юксеев

Нормоконтролер:

Старший преподаватель кафедры ЭТ

Т.В. Лискова

Екатеринбург 2018

БР.44.03.04.553.2018

## АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 70 страницах, содержит 63 страницы машинописного текста, 6 рисунков, 16 таблиц, 35 источников информации, 3 приложения на 7 страницах.

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ЖИЛОЙ ДОМ, КОТТЕДЖ.

Хусаинов Р. В. Разработка проекта систем электроснабжения коттеджа: выпускная квалификационная работа / Р. В. Хусаинов; Рос. Гос. Проф.-пед. ун-т, Ин-т инж.-пед. образования, Каф. Энергетики и транспорта. – Екатеринбург, 2018.- 70 с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы « Разработка проекта систем электроснабжения коттеджа.
2. Цель работы: спроектировать и рассчитать систему электроснабжения коттеджа.
3. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы выполнены:
  - произведен расчет электрических нагрузок коттеджа;
  - выбраны кабельные линии для внешних и внутренних электропроводок;
  - произведен расчет и выбор устройств защитной аппаратуры;
  - произведен расчет заземляющего устройства;
  - выбраны источники теплоснабжения, произведено технико-экономическое сравнение выбранных источников теплоснабжения

## **СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	8
1.1 Требования к электроустановкам современных коттеджей	10
1.1 ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ	12
2.1.1 Электрическое освещение	13
2.1.2 Электротехническая часть	14
2.1.3 Расчет электрических нагрузок	17
2.2 ВЫБОР ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ	18
2.2.1 Общие принципы выбора проводов и кабелей	21
2.2.2 Выбор сечения токопроводящих жил и марок кабелей	24
2.2.3 Проверка проводников по потере напряжения	25
2.3 ВЫБОР ЗАЩИТНОЙ АППАРАТУРЫ	28
2.3.1 Общие принципы выбора защитной аппаратуры	29
2.3.2 Расчет и выбор аппаратов защиты	31
2.4 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ	35
2.4.1 Расчет аппаратуры и линии внешнего электроснабжения	37
2.4.2 Расчет токов трехфазного короткого замыкания	38
2.4.3 Расчет токов однофазного короткого замыкания	40
2.4.4 Проверка правильности выбора защитной аппаратуры	41
2.5 ВЫБОР АВТОНОМНОГО ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	42
2.6 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ	40
2.6.1 Составление сметы капиталовложений	42
2.6.2 Техничко-экономическое сравнение установки и обслуживания котлов	43
2.6.3 Техничко-экономическое сравнение эксплуатации котлов	45
2.6.4 Техничко-экономическое сравнение вариантов	46

3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОВЫХ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ КОТЛОВ	43
3.1 Электробезопасность	49
3.1.1 Основные принципы обеспечения электробезопасности	53
3.1.2 Защитное заземление и уравнивание потенциалов	53
3.1.3 Расчет заземляющего устройства жилого дома	55
3.3.4 Расчет заземляющего устройства котельной	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	59
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	60
Приложение А - Схемы электрические	
Приложение Б - План размещения сети освещения	
Приложение В - План размещения розеточной сети	

## **ВВЕДЕНИЕ**

Дом является основой комфортного проживания людей. В понятие «дом» входят помещения различного назначения, приусадебные постройки и наружные установки.

Важнейшим условием реализации комфортности является оснащение жилища различными устройствами, работа которых основана на использовании электрической и тепловой энергии. Украшением любого интерьера являются художественно оформленные светильники, электрокамины и другие электробытовые приборы, обеспечивающие удобство быта, комфорт и уют. Телевизоры, холодильники, стиральные машины, электрические или газовые плиты, пылесосы, кухонные комбайны и другие приборы являются неотъемлемой частью быта людей. Кондиционеры, вентиляторы, система отопления, горячее и холодное водоснабжение создают комфортные условия проживания в жилище.

Исключению или сокращению негативных последствий электрификации быта способствует выполнение для каждой квартиры или коттеджа проекта электрооборудования, в котором, наряду с выполнением функционального назначения электроустановки, учитываются требования по обеспечению электро и пожаробезопасности.

*Объектом исследования* является индивидуальный жилой дом (коттедж).

*Предметом исследования* является электрооборудование индивидуального жилого дома.

*Цель работы* - спроектировать систему электроснабжения индивидуального жилого дома.

*Задачи работы:*

- произвести расчет электрических нагрузок индивидуального жилого дома;

- выбрать провода и кабельные линии для внешних и внутренних электропроводок;
- произвести расчет и выбор устройств защитной аппаратуры;
- выполнить проверку выбранной защитной аппаратуры;
- произвести расчет заземляющего устройства;
- выбрать источники теплоснабжения индивидуального жилого дома;
- произвести технико-экономическое сравнение выбранных источников теплоснабжения индивидуального жилого дома.

## 1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В выпускной квалификационной работе требуется рассчитать энергоснабжение двухэтажного индивидуального жилого дома с газовой плитой, площадь под здание -  $160\text{м}^2$ , общая площадь всех помещений –  $135,78\text{м}^2$ .

Электроснабжение группы домов поселка, где расположен проектируемый жилой дом, осуществляется по воздушной линии ВЛ-0,4кВ проводом марки СИП-5 от ТП 10/0,4кВ, отстоящей от проектируемого жилого дома на расстоянии 100м. Электроснабжение самого жилого дома (так называемая «точка подключения») осуществляется от щита нагрузки ЩН, установленного на опоре ВЛ-0,4кВ, отстоящей от дома на расстоянии 5м.

В жилом доме находится собственная котельная. Электроснабжение котельной осуществляется от отдельного щита, подключенного к электрощиту жилого дома.

Отопление жилого дома производится от собственной автономной котельной установки. Водоснабжение осуществляется из автономной системы. Водоотведение производится в автономную систему канализации со сбором сточных вод в накопитель. Газоснабжение всех потребителей поселка производится централизованно от газораспределительной станции.

По климатическим показателям поселок относится к третьему климатическому району, который характеризуется как умеренно теплый, незначительно засушливый. Грунт в поселке – глина и садовая земля.

Проектируемый жилой дом представляет собой двухэтажное строение без подвального помещения. Планировка проектируемого дома показана (рисунках 1,2.)

На первом этаже расположены котельная, прихожая, гостиная, кухня, мойка-санузел, сауна. Пол первого этажа находится на отметке +0,330.

На втором этаже расположены три спальни, санузел и лоджия.



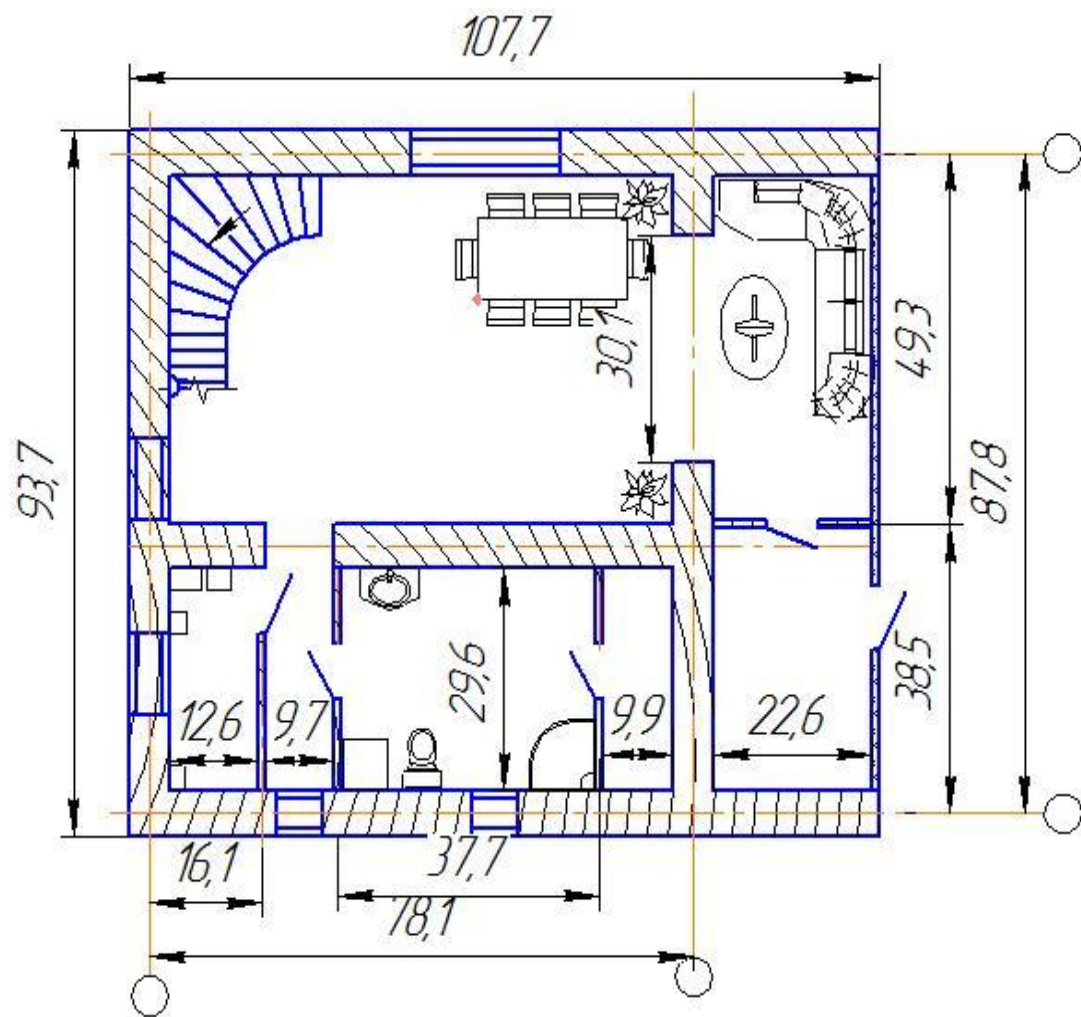


Рисунок 1 – План первого этажа

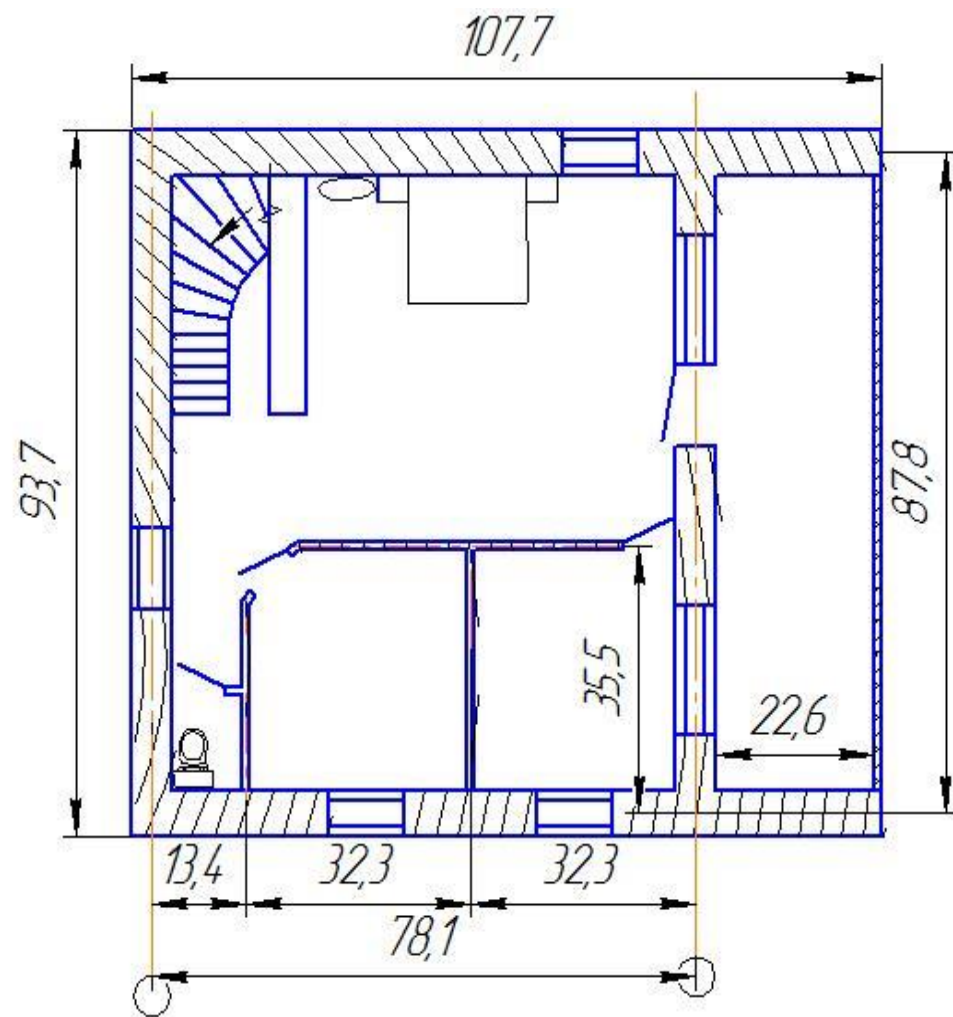


Рисунок 2 – План второго этажа

Проектирование электроустановок коттеджа осуществляется в соответствии с пожеланиями заказчика. При этом все технические решения в проекте электротехнической части должны удовлетворять требованиям действующих нормативных документов.

В (таблице1) представлено техническое задание на проектирование электрооборудования коттеджа, согласованное с заказчиком.

Таблица 1 – Техническое задание на проектирование электрооборудования

Потребители электроэнергии	Помещения 1 этажа					
	прихо-жая	гости-ная	кухня	сан-узел-мойка	сауна	коте-льная
Электрическое освещение, кВт	0,1	0,75	0,6	0,1	0,06	0,072
Число розеток на ток 10(16)А	1	12	6	4	-	6
Холодильник с морозильной камерой	-	-	+	-	-	-
Духовой шкаф	-	-	+	-	-	-
Посудомоечная машина	-	-	+	-	-	-
Микроволновая печь	-	-	+	-	-	-
Вытяжной вентилятор	-	-	+	+	-	+
Домашний кинотеатр	-	+	-	-	-	-
Персональный компьютер	-	-	-	-	-	-
Газовый котел, кВт	-	-	-	-	-	0,18
Стиральная машина	-	-	-	+	-	-
Электрический котел, кВт	-	-	-	-	-	9
Потребители электроэнергии	Помещения 2 этажа					
	л/клетка	спальня 1	спальня 2	спальня 3	санузел	лоджия
Электрическое освещение, кВт	0,1	0,3	0,3	0,3	0,08	0,12
Число розеток на ток 10(16)А	1	10	4	4	1	6
Телевизор	-	+	-	-	-	-
Персональный компьютер	-	+	+	+	-	-

## 1.1 Требования к электроустановкам современных коттеджей

Основные требования к электроустановкам жилых домов, квартир, коттеджей отражены в Правилах устройства электроустановок (ПУЭ), стандартах России и МЭК, Строительных нормах и правилах (СНиП), сводах правил (СП), инструкциях, рекомендациях, указаниях, выпускаемых Госстроем РФ, Ростехнадзором, Энергосбытом и другими уполномоченными государственными органами.

Все требования направлены на обеспечение надежности, электропожаробезопасности и экономичности электроустановок при соблюдении условий комфортного проживания людей.

Надежность электроснабжения жилых зданий должна соответствовать требованиям ПУЭ, СП31-110-2003 и других нормативных документов. По классификации ПУЭ это, как правило, потребители II и III категорий надежности.

Электроснабжение многоквартирных домов (коттеджей) с установленной мощностью электроприемников более 11кВт следует, как правило, осуществлять от трехфазной сети. Неравномерность нагрузки при распределении ее по фазам не должна превышать 15%.

Всё электрооборудование, применяемое в отдельных помещениях жилища или в постройках на приусадебных участках по степени защищенности от влаги, пыли, химически активных веществ, и от поражения людей электрическим током должно соответствовать международному классификатору - IP-коду, который определен в ГОСТ 14254-96 (стандарт МЭК 529-89).

Индивидуальные дома (коттеджи) должны быть оборудованы молниезащитой.

Проект электроснабжения должен обеспечивать энергоэффективность, эстетичность и функциональность электроустановки коттеджа.

Под энергоэффективностью подразумевается рациональное использование электроэнергии в быту.

Под эстетичностью жилища понимается архитектурно-художественное оформление интерьеров помещений, поэтому электроустановки в этих помещениях не должны нарушать общих дизайнерских решений.

Функциональность электроустановок определяется удобством их использования в быту.

При проектировании электроустановки в жилище важную роль играет знание режимов работы бытовых потребителей. в (таблице 2) приведены данные, характеризующие режимы работы бытовых электроприборов.

Таблица 2 – Режимы работы бытовых электроприборов

Режим работы	Параметры, характеризующие режим работы	Примеры	Примечание
Длительный непрерывный	Постоянно (более 1 ч) включен в электрическую сеть и потребляет электроэнергию	Электрическое освещение, телерадиоаппаратура, компьютеры	
Длительный прерывистый	Постоянно (более 1 ч) включен в электрическую сеть; электроэнергию потребляет при отклонениях заданного параметра	Насосные установки - на период заполнения или опорожнения емкости Водонагревательные и отопительные приборы – на период нагрева до заданной температуры; Холодильники - на период включения компрессора до заданной температуры.	Работа в автоматическом режиме
Длительный эпизодический	Включен в электрическую сеть более 30 мин и потребляет электроэнергию	Пылесосы, стиральные машины, утюги, газонокосилки, сауны и т.п.	
Кратковременный эпизодический	Включен в электрическую сеть менее 30 мин и потребляет электроэнергию	Чайники, кофеварки, электрофены, электробритвы и т.п.	

## 2.1 ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

### 2.1.1 Электрическое освещение

Освещение является одним из важнейших факторов, характеризующих комфортность жилища. Электрическое освещение обеспечивает возможность нормальной жизни и деятельности людей в быту при отсутствии или недостаточности естественного освещения.

В данной работе на основании технического задания, согласованного с заказчиком, были приняты следующие решения:

- во всех помещениях применена система общего освещения;
- для верхнего освещения гостиной-столовой принимаем люстру трех-пяти ламповую и накладные светильники, со степенью защиты IP-20 с диодными лампами 15Вт каждая;
- для бокового освещения лестницы спальни 1 и лоджии выбраны настенные одноламповые светильники со степенью защиты IP-20 с диодными лампами 9Вт, а для сауны 3 светильника накладные с лампами накаливания по 60Вт.
- для освещения прихожей, спальни 2, спальни 3, холла выбраны потолочные светильники со степенью защиты IP-20 с диодными лампами 15Вт;
- для освещения санузла второго этажа выбран потолочный светильник со степенью защиты IP-20 с диодными лампами 9Вт, для освещения санузла-мойки первого этажа выбраны пять точечных потолочных светильника со степенью защиты IP-65 с диодными лампами 5Вт и для кухни выбраны четыре точечных потолочных светильника со степенью защиты IP-54 с диодными лампами 9Вт;
- для освещения котельной выбран 2 потолочных светильника со степенью защиты IP-54 диодными лампами 6Вт

Управление освещением жилых и нежилых помещений - местное, осуществляется однополюсными выключателями и переключателями, установленными в помещениях со стороны дверных ручек.

Высота установки светильников, выключателей и переключателей указана на чертежах (лист 2 графической части).

## **2.1.2 Электротехническая часть**

Для питания светильников квартир и коттеджей предусматриваются групповые сети. Групповая сеть - это сеть от щитков до светильников, штепсельных розеток и других электроприемников.

Групповые линии освещения могут быть одно-, двух- и трехфазными в зависимости от их протяженности и числа присоединенных светильников. Однофазные групповые линии следует выполнять трехпроводными, двухфазные - четырехпроводными и трехфазные - пятипроводными с отдельным N- и РЕ-проводниками.

Прокладку групповой сети следует, как правило, выполнять скрытой, сменяемой в каналах, пустотах строительных конструкций, в пластмассовых или стальных трубах.

На основании всего вышеизложенного, в работе были приняты следующие решения:

- горизонтальные участки кабелей групповых сетей прокладывать по стенам скрыто под слоем ГК (штукатурки), по потолку - в гофрированных ПВХ трубах, прикрепленных к потолку при помощи пластиковой скобы 16мм через каждые 0,3-0,5м.

- вертикальные участки кабелей групповой сети прокладывать скрыто под слоем ГК (штукатурки), - в гофрированных ПВХ трубах, прикрепленных к стенам при помощи пластиковой скобы 16мм через каждые 0,3-0,5м.

- крепление кабельных линий к стенам осуществить при помощи дюпель-хомута 5-10мм через каждые 0,3-0,5м.

Напряжение рабочего освещения 220В.

В жилом доме предусмотрена установка штепсельных розеток, а также предусмотрены спуски кабеля с потолка и выходы из пола для подключения стационарного электрооборудования. В зоне ванных комнат, котельной и у входов/выходов предусмотрена установка штепсельных розеток со шторками со степенью защиты не ниже IP-44. Розеточная сеть защищена от токов утечки установкой дифференциальных автоматов на ток утечки 30мА.

Высота установки розеток указана на чертежах (см. лист 3 графической части).

Система питания - трехпроводная с защитным (РЕ) и нулевым (N) проводниками.

Щит учетно-распределительный (ЩР-Д) устанавливается в нишу стены на высоте 1,6м от уровня пола, а распределительный (ЩР-Кот) - на стену на высоте 1,6м от уровня пола.

### 2.1.3 Расчет электрических нагрузок

Расчет электрических нагрузок производим на основании технического задания (таблицу 1). Для этого составляется сводная ведомость нагрузок (таблицу 3) по индивидуальному жилому дому с учетом коэффициентов спроса  $K_c$ , использования  $K_{и}$ , и мощности  $\cos\phi$  и  $\operatorname{tg}\phi$ .

Под *коэффициентом спроса* по нагрузке понимается отношение расчетной электрической нагрузки к номинальной (установленной) мощности электроприемников:

$$K_c = P_p / P_y; \quad (1)$$

,где  $P_p$  - расчетная электрическая нагрузка, кВт (30-мин максимум);

$P_y$  - установленная мощность электроприемников, кВт.

Под коэффициентом использования активной мощности одного или группы электроприемников понимается отношение фактически потребляемой мощности  $P$  к номинальной мощности  $P_H$ :

$$K_H = P/P_H; \quad (2)$$

Расчетная активная мощность (кВт) каждого электроприемника определяется по формуле:

$$P_p = P_y \cdot K_c; \quad (3)$$

Расчетная реактивная мощность (кВАр) каждого электроприемника определяется по формуле:

$$Q = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (4)$$

Полная мощность (кВА) каждого электроприемника определяется по формуле:

$$S = P_p / \cos \varphi. \quad (5)$$

Так как все электроприёмники (кроме электрического котла) однофазные, а питающая сеть трехфазная, то расчетный ток (А) для каждого электроприёмника определяется по формуле:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} U \cos \varphi} = \frac{P_p}{\sqrt{3} U \cos \varphi}. \quad (6)$$

Величина максимального расчетного тока (А) для каждого электроприёмника определяется по формуле:

$$I_{max} = \frac{P_y}{\sqrt{3} U \cos \varphi} = \frac{P_y}{\sqrt{3} U \cos \varphi}. \quad (7)$$

Для группы электроприёмников:

- коэффициент спроса

$$K_c = \frac{\sum P_p}{\sum P_y}; \quad (8)$$

- коэффициенты мощности

$$\cos \varphi = \frac{\sum P_p}{\sum S}; \quad (9)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \arccos \varphi. \quad (10)$$



Таблица 3 – Сводная ведомость нагрузок по коттеджу

Обозначение	Потребители электроэнергии	Число фаз	Установленная (номинальная) мощность $P_y$ , кВт	Расчетные коэффициенты			Расчетная мощность			Расчетный ток	
				спроса $K_c$	мощности		активная, $P_p$ , кВт	реактивная, $Q$ , кВАр	полная, $S$ , кВА	$I_p$ , А	$I_{p,max}$ , А
$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$										
	ЩР-Кот										
QF1	Электрический котел	3	9	0,8	0,95	0,33	7,2	2,38	7,58	11,53	14,41
QF2	Газовый котел	1	18	0,8	0,9	0,48	0,1	0,05	0,11	0,17	0,20
QF3	Розетки насосов	1	2,0	0,8	0,75	0,88	1,6	1,41	2,13	3,25	4,06
QF4	Наружное освещение	1	0,06	0,6	1,0	0	0,04	0	0,04	0,06	0,09
	ИТОГО по ЩР-Кот	-	11,18	0,8	0,91	0,46	8,94	3,84	9,86	15,01	18,76
	ЩР-Д										
QF1	ЩР-Кот.	3	11,18	0,8	0,91	0,46	8,94	3,84	9,86	15,01	18,76
QF2	Освещение 1 этаж	1	2,38	1,0	1,0	0	2,38	0	2,38	3,62	3,62
QF3	Освещение 2 этаж	1	1,2	1,0	1,0	0	1,2	0	1,2	1,83	1,83
QF4	Розетка духового шкафа	1	2,2	0,5	0,95	0,33	1,1	0,36	1,16	1,76	3,52
QSF5	Розетки кухни	1	2,0	0,5	0,85	0,62	1,0	0,62	1,18	1,79	3,58
QSF6	Розетка посудомоечной машины	1	2,2	0,5	0,8	0,75	1,1	0,83	1,38	2,09	4,18
QSF7	Розетки 1 этаж	1	2,0	0,6	0,85	0,62	1,2	0,74	1,41	2,15	3,58
QSF8	Розетки 2 этаж	1	1,9	0,6	0,85	0,62	1,14	0,71	1,34	2,04	3,40
QSF9	Розетки вход/выход	1	1,0	0,5	0,85	0,62	0,5	0,31	0,59	0,89	1,79
QSF10	Розетка стиральной машины (ванная 2 этаж)	1	1,6	0,5	0,8	0,75	0,8	0,6	1,0	1,52	3,04
QF11	Вентиляторы	1	1,0	0,5	0,8	0,75	0,5	0,38	0,63	0,95	1,90
	ИТОГО по ЩР-Д	-	28,66	0,69	0,90	0,48	19,86	8,39	22,13	33,65	49,20

## 2.2 ВЫБОР ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ

### 2.2.1 Общие принципы выбора проводов и кабелей

Проектирование электропроводок заключается в выборе типа используемого провода или кабеля и сечения токопроводящего проводника, а также способов их прокладки. В пределах жилых зданий используются, как правило, изолированные провода и кабели с медными жилами напряжением до 1000В.

Типы проводов или кабелей определяют:

- вид изоляции токоведущих жил (резиновая, поливинилхлоридная, полиэтиленовая и пр.);
- наличие общих оболочки и оплетки;
- горючесть изоляционного материала провода или кабеля;
- материал токоведущих жил (медь, алюминий);
- гибкость материала токоведущей жилы;
- конструктивное выполнение (круглый, плоский, самонесущий и др.);
- специальное назначение (например: для водопогружных насосов; повышенной термической стойкости и др.);
- напряжение (220, 380, 660 и 1000В);
- число токоведущих жил.

Выбор типа провода или кабеля зависит от следующих факторов:

- от предполагаемого места прокладки и способа монтажа (в земле, в воздухе, в трубах, в коробах, на лотках и кронштейнах, открыто без крепления, открыто на изоляторах, скрыто);
- от категории помещений (сухие, влажные, сырые, особо сырые, особо сырые с химически активной средой);
- от влияния внешних воздействий (температура окружающей среды; наличие воды, пыли, коррозионно-активных и загрязняющих веществ;

механические внешние воздействия; наличие флоры и фауны; солнечное излучение; конструкция здания);

- от уровня напряжения питающей сети.

Выбранные проводники и защищающие их устройства должны удовлетворять следующим условиям:

- проводить, не перегреваясь, расчетный ток нагрузки, а также выдерживать кратковременные перегрузки;

- падение напряжения в проводнике не должно превышать нормированных значений;

- защитные устройства (автоматические выключатели, предохранители) должны защищать проводники от перегрузки и коротких замыканий.

### **2.2.2 Выбор сечения токопроводящих жил и марок кабелей**

В ПУЭ для внутренних электропроводок зданий предписывается использование проводов и кабелей с медными жилами, выполненными по трех- либо пятипроводной системе. В соответствии с этим, а также с учетом рекомендаций технической коллекции Schneider Electric для внутренней электропроводки коттеджа выбираем:

- для трёхфазных электроприёмников – кабель марки ВВГнг-LS с пятью медными жилами, характеризующийся по изоляции как «винил-винил-хлоридный», нг – пониженной горючести; LS – при попадании в открытый огонь выделяет в атмосферу малую концентрацию отравляющих веществ от плавления изоляции.

- для однофазных электроприёмников – кабель марки ВВГнг-LS-П с тремя медными жилами, характеристики по изоляции – те же, что у ВВГнг-LS, «П» - плоский.

Для внешнего электроснабжения коттеджа, осуществляемого от щита

ЩН, установленного на опоре 0,4 кВ, учитывая прокладку в земле, в соответствии с рекомендациями Шеховцова, выбираем кабель с медными жилами марки ВББШв.

При прокладке внутри помещений сечение выбирается по максимальному расчетному току нагрузки:

$$I_{\text{д.н}} \geq I_{\text{р.мак}}, \quad (11)$$

,где  $I_{\text{д.н}}$  - допустимый номинальный ток нагрузки проводника при расчетной температуре, А (для отечественных кабелей +25<sup>0</sup>С);

$I_{\text{р.мак}}$  - максимальный расчетный ток нагрузки, А.

В реальных условиях при прокладке внутри помещений допустимый ток проводника зависит от:

- температуры окружающей среды;
- способа прокладки;
- взаимного влияния проложенных рядом электрических цепей.

Учет каждого из этих факторов производится с помощью коэффициентов  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ , определяющих их влияние на величину допустимого тока, откуда формула для расчета тока нагрузки проводника принимает вид:

$$I_{\text{д.н}} \geq \frac{I_{\text{р.мак}}}{K_1 K_2 K_3}; \quad (12)$$

,где  $K_1$  - учитывает влияние температуры окружающей среды отличной от +25<sup>0</sup>С, в зависимости от типа изоляции;

$K_2$  - учитывает влияние способа прокладки;

$K_3$  - учитывает взаимное влияние проложенных рядом кабелей

При выборе сечения жил кабеля, прокладываемого в земле, формула для расчета тока нагрузки проводника:

$$I_{\text{д.н}} \geq \frac{I_{\text{р.мак}}}{\beta_1 \beta_2 \beta_3}; \quad (13)$$

,где  $\beta_1$  – коэффициент, учитывающий температуру почвы, отличную от +20<sup>0</sup>С;

$\beta_2$  – коэффициент, учитывающий влияние способа прокладки;  
 $\beta_3$  – коэффициент, учитывающий взаимное влияние проложенных рядом кабелей (расстояние между кабелями менее двух диаметров большего из двух кабелей);

$\beta_4$  – коэффициент, учитывающий влияние свойств и состояния почвы, определяющих ее теплопроводность.

Производим выбор сечения проводников. Для этого принимаем температуру окружающей среды в котельной  $t_{o.c.}=+40^{\circ}\text{C}$ , температуру окружающей среды в жилом доме  $t_{o.c.}=+25^{\circ}\text{C}$ , температуру почвы  $t_{п.}=+15^{\circ}\text{C}$ .

Производим выбор коэффициентов:

- для кабелей в поливинилхлоридной изоляции: при  $t_{o.c.}=+40^{\circ}\text{C}$   $K_1 = 0,79$ ; при  $t_{o.c.}=+25^{\circ}\text{C}$   $K_1 = 1,0$ ;

- для кабелей в трубах, проложенных в термоизолирующем материале (штукатурке):  $K_2 = 0,77$ ;

- для одного кабеля, замоноличенного в стене  $K_3 = 1,0$ ;

- для двух кабелей, замоноличенных в стене:  $K_3 = 0,8$ ;

- для кабелей в поливинилхлоридной изоляции при температуре почвы  $t_{п.}=+15^{\circ}\text{C}$ :  $\beta_1 = 1,05$ ;

- для кабелей, непосредственно проложенных в земле:  $\beta_2 = 1,0$  ;

- для одного кабеля, проложенного в один слой:  $\beta_3 = 1,0$ ;

- для очень сухой почвы:  $\beta_4 = 0,86$ .

С учетом выбранных коэффициентов формулы для расчета токов нагрузки проводников принимают вид:

- для проводников котельной

$$I_{oi} \geq \frac{I_{pmax}}{0,7 \cdot 0,7 \cdot K}; \quad (14)$$

- для проводников жилого дома

$$I_{oi} \geq \frac{I_{pmax}}{1,0 \cdot 0,7 \cdot K}; \quad (15)$$

- для кабеля внешнего электроснабжения

$$I_r \geq \frac{I_{r,max}}{0,95} \quad (16)$$

Произведем расчет и выбор проводников по полученным формулам. Максимальный расчетный ток нагрузки  $I_{r,max}$  определяем по таблице 3. Сечения проводников определяем по ПУЭ. Результаты расчетов и выбор проводников сведём в (таблицу 4)

Таблица 4 - Выбор проводников

Обозначение	Потребители электроэнергии	$I_{д.н.}$ А	Марка кабеля, кол-во и сечение жил, мм <sup>2</sup>	$I_{доп.}$ А
<b>ЩР-Кот</b>				
QF1	Электрический котел	23,69	ВВГнг-LS 5x4	27
QF2	Газовый котел	0,33	ВВГнг-LS 3x1,5	15
QF3	Розетки насосов	6,67	ВВГнг-LS 3x2,5	21
QF4	Наружное освещение (терраса)	0,15	ВВГнг-LS 3x1,5	15
<b>ЩР-Д</b>				
QF1	ЩР-Кот.	30,45	ВВГнг-LS 5x6	34
QF2	Освещение 1 этаж	5,88	ВВГнг-LS 3x1,5	15
QF3	Освещение 2 этаж	2,97	ВВГнг-LS 3x1,5	15
QF4	Розетка духового шкафа	5,71	ВВГнг-LS 3x2,5	21
QSF5	Розетки кухни	5,81	ВВГнг-LS 3x2,5	21
QSF6	Розетка посудомоечной машины	6,79	ВВГнг-LS 3x2,5	21
QSF7	Розетки 1 этаж	5,81	ВВГнг-LS 3x2,5	21
QSF8	Розетки 2 этаж	5,52	ВВГнг-LS 3x2,5	21
QSF9	Розетки вход/выход	2,91	ВВГнг-LS 3x1,5	15
QSF10	Розетка стиральной машины (ванная 2 этаж)	4,94	ВВГнг-LS 3x2,5	21
QF11	Вентиляторы	3,08	ВВГнг-LS 3x1,5	15
QF12	Розетка в щите	---	ВВГнг-LS 3x2,5	21
<b>ЩН</b>				
QF-Н	ЩР-Д	54,49	ВББШв 4x6	60

### 2.2.3 Проверка проводников по потере напряжения

Проверка выбранных проводников по потере напряжения из условия обеспечения необходимых (регламентированных стандартами) уровней напряжения у самых удаленных от источника питания потребителей осуществляется следующим образом.

Выполняется расчет потери напряжения (%) по формулам:

- для однофазной сети:

$$\frac{3 \cdot I_{p,\max}^2 \cdot R \cdot \cos \varphi}{U}; \quad (17)$$

- для симметричной трёхфазной сети:

$$\frac{\sqrt{3} \cdot I_{p,\max}^2 \cdot R \cdot \cos \varphi}{U}. \quad (18)$$

,где  $\Delta U$  - потеря напряжения, % от номинального;

$I_{p,\max}$  - максимальный расчетный ток нагрузки, А;

$R$  - активное сопротивление проводника, Ом;

$X$  - индуктивное сопротивление проводника, Ом;

$\cos \varphi$  - коэффициент мощности нагрузки;

$U_n$  - номинальное напряжение, В (220В - однофазной сети, 380В - симметричной трехфазной сети).

Без учета индуктивного сопротивления линии на потерю напряжения, как правило, рассчитываются:

- сети постоянного тока;
- линии сети переменного тока, для которых коэффициент мощности  $\cos \varphi = 1$ ;
- сети, выполненные проводами внутри зданий или кабелями, если их сечения не превосходят 25мм<sup>2</sup>.

Таким образом, индуктивным сопротивлением проводников сечением менее 25мм<sup>2</sup> можно пренебречь, т.е.  $X \approx 0$ , откуда формулы для расчета потерь напряжения принимают вид:

- для однофазной сети

$$\frac{2 \cdot I_{p,\max}^2 \cdot R \cdot \cos \varphi}{U}; \quad (19)$$

- для симметричной трёхфазной сети

$$\frac{\sqrt{3} \cdot I_{p,\max}^2 \cdot R \cdot \cos \varphi}{U}. \quad (20)$$

Активное сопротивление проводников (Ом) определяется по формуле

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}; \quad (21)$$

,где  $\rho$  - удельное сопротивление проводника, Ом·мм<sup>2</sup>/м,

для медных проводников  $\rho_{\text{м}} = 0,0189$  Ом·мм<sup>2</sup>/м;

$l$  - длина проводника, м;

$S$  - сечение проводника, мм<sup>2</sup>

Далее рассчитанные потери напряжения сравниваются с допустимыми потерями напряжения по условию:

$$\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп}} \quad (22)$$

,где  $\Delta U_{\text{доп}}$  - допустимые потери напряжения, %

Для аппаратов управления нормально допустимое отклонение напряжения составляет  $\pm 5\%$ , предельно допустимое -  $\pm 10\%$ ; для источников света нормально допустимое отклонение напряжения составляет  $\pm 5\%$ .

Производим расчет потерь напряжения в выбранных проводниках, данные заносим в таблицу 5.

Таблица 5 - Потери напряжения в линиях

Обозначение	Потребители электроэнергии	Марка кабеля	Длина $l$ , м	Активное сопротивление $R$ , Ом	Отклонение напряжения $\Delta U$ , %		Соответствие условию $\Delta U < \Delta U_{\text{доп}}$
					Расчетное $\Delta U$	Нормально допустимое $\Delta U_{\text{доп}}$	
<b>ЩН</b>							
QF-H	ЩР-Д	ВБбШв 4x6	10	0,0316	0,64	5	Соотв.
	ЩР-Д						
QF1	ЩР-Кот.	ВВГнг-LS 5x6	20	0,0632	0,49	5	Соотв.
QF2	Освещение 1 этаж	ВВГнг-LS 3x1,5	100	1,26	4,15	5	Соотв.
QF3	Освещение 2 этаж	ВВГнг-LS 3x1,5	50	0,63	1,05	5	Соотв.
QF4	Розетка духового шкафа	ВВГнг-LS 3x2,5	10	0,0755	0,23	5	Соотв.
QSF5	Розетки кухни	ВВГнг-LS 3x2,5	20	0,151	0,42	5	Соотв.
QSF6	Розетка посудомоечной машины	ВВГнг-LS 3x2,5	15	0,113	0,34	5	Соотв.
QSF7	Розетки 1 этаж	ВВГнг-LS 3x2,5	60	0,453	1,25	5	Соотв.
QSF8	Розетки 2 этаж	ВВГнг-LS 3x2,5	60	0,453	1,19	5	Соотв.
QSF9	Розетки вход/выход	ВВГнг-LS 3x1,5	20	0,252	0,35	5	Соотв.
QSF10	Розетка стиральной	ВВГнг-LS 3x2,5	25	0,189	0,42	5	Соотв.



	машины (ванная 2 этаж)						
QF11	Вентиляторы	ВВГнг-LS 3x1,5	60	0,756	0,55	5	Соотв.
QF12	Розетка в щите	ВВГнг-LS 3x2,5	1	0,008	0,01	5	Соотв.
	ЩР-Кот						
QF1	Электрический котел	ВВГнг-LS 5x4	10	0,0465	0,29	5	Соотв.
QF2	Газовый котел	ВВГнг-LS 3x1,5	5	0,063	0,02	5	Соотв.
QF3	Розетки насосов	ВВГнг-LS 3x2,5	15	0,113	0,31	5	Соотв.
QF4	Наружное освещение	ВВГнг-LS 3x1,5	10	0,126	0,01	5	Соотв.

## 2.3 Выбор защитной аппаратуры

### 2.3.1 Общие принципы выбора защитной аппаратуры

Любая электроустановка должна быть защищена устройствами автоматического отключения в случае появления сверхтоков или недопустимых токов утечки. Под сверхтоком понимается любой ток, превышающий номинальный. В основном сверхтоки появляются вследствие перегрузки или короткого замыкания.

В качестве защитной аппаратуры автоматического отключения применяются плавкие предохранители, автоматические выключатели и дифференциальные автоматические выключатели.

Учитывая, что электроустановки домов повышенной комфортности и коттеджей в последние годы оснащаются в основном автоматическими выключателями и дифференциальными автоматическими выключателями, рассматриваем только этот вид защитной аппаратуры.

Для выполнения защитных функций автоматические выключатели оснащаются различными расцепителями.

В автоматических выключателях бытового назначения применяются: максимальный расцепитель тока, максимальный расцепитель с обратозависимой выдержкой времени, максимальный расцепитель тока прямого действия и расцепитель перегрузки (тепловой расцепитель).

В соответствии с СП31-110-2003(Свод правил по проектированию и монтажу электроустановок жилых и промышленных зданий) во внутренних сетях жилых зданий, как правило, следует применять автоматические выключатели с *комбинированными расцепителями*.

В бытовых электроустановках в целях защиты от сверхтоков используются, как правило, автоматические выключатели, выпускаемые по ГОСТР50345-2010. Аппаратура малогабаритная электрическая. Автоматические выключатели для защиты от сверхтоков бытового и аналогичного назначения. Часть 1. Автоматические выключатели для переменного тока

Стандарт определяет три типа характеристик мгновенного расцепления: В, С и D. Ниже в (таблице 6) приведены диапазоны мгновенного расцепления выключателя в зависимости от кратности сверхтока по отношению к номинальному току  $I_n$ :

Таблица 6

Тип защитной характеристики	Диапазон
В	Свыше $3 I_n$ до $5 I_n$ включительно
С	Свыше $5 I_n$ до $10 I_n$ включительно
D	Свыше $10 I_n$ до $14 I_n$ включительно

В электроустановках жилых зданий в основном используются автоматические выключатели с характеристиками типов В и С. При выборе автоматического выключателя необходимо учитывать предполагаемую температуру окружающей среды в месте его установки.

### 2.3.2 Расчет и выбор аппаратов защиты

Любое защитное устройство, защищающее кабель от перегрузки, должно отвечать условию:

$$I_{н.з} \geq I_{д.н}; \quad (23)$$

где  $I_{д.н}$  - допустимый номинальный ток нагрузки проводника, А;

$I_{н.з}$  - номинальный ток устройства защиты, А.

Так как в проектируемом жилом доме в качестве устройств защиты приняты автоматические и дифференциальные автоматические выключатели, то условие принимает вид:

$$I_{н.а} \geq I_{д.н}; \quad (24)$$

,где  $I_{н.а}$  – номинальный ток автоматического выключателя, А.

В каталогах приводится номинальный ток выключателя для температуры окружающей среды +30<sup>0</sup>С. Повышение температуры сверх 30<sup>0</sup>С приводит к преждевременному срабатыванию теплового расцепителя, так как его температура достигает уровня срабатывания при меньших значениях тока. Выбор автоматических выключателей в тех случаях, когда температура окружающей среды больше или меньше 30<sup>0</sup>С, производится с использованием температурного коэффициента  $K_t$  по формуле:

$$I_{н.а} \geq I_{н.р} \cdot K_t \cdot I_{д.н}; \quad (25)$$

$$I_{н.а} \geq \frac{I_{д.н}}{K_t}; \quad (26)$$

,где  $I_{н.р}$  - номинальный ток расцепителя автоматического выключателя, А;

$K_t$  - температурный коэффициент

Для выключателей бытового назначения ориентировочные значения величины  $K_t$  в зависимости от температуры окружающей среды в месте установки приняты по и приведены в (таблице 7).

Таблица 7 - Значения температурного коэффициента  $K_t$

$t_{о.с}, ^\circ\text{C}$	20	30	35	40	45	50	55	60
$K_t$	1,05	1	0,97	0,95	0,92	0,89	0,87	0,84

Принятые к установке автоматические выключатели бытового назначения являются модульного исполнения, т.е. устанавливаются в щитах рядом друг с другом на DIN-рейках. Вследствие этого для расчетов вместо величины  $K_t$  следует использовать величину 0,8  $K_t$  откуда формула выбора автоматического выключателя принимает вид:

$$I_{на} \geq \frac{I_{ан}}{0,8 K}; \quad (27)$$

Производим расчет и выбор автоматических выключателей. Данные по номинальным допустимым токам проводников берем из таблицы 4. Температура окружающей среды в котельной  $t_{o.c.}=+40^{\circ}\text{C}$ , температура окружающей среды в жилом доме  $t_{o.c.}=+25^{\circ}\text{C}$ . Выбор автоматических выключателей производим по каталогу и сводим в (таблицу 8).

В качестве примера произведём расчет вводного автоматического выключателя QS1 для щита котельной ЩР-Кот.( Щит распределительный котельной).

$$I_{на} = \frac{I_{ан}}{0,8 K} = \frac{30,5}{0,8 \cdot 0,95} = 40 \text{ А}. \quad (28)$$

Выбираем по каталогу автоматический выключатель ВА47-29 3Р, характеристика «С», номинальный ток 40А.

Аналогичным образом выбираются остальные автоматические выключатели щита ЩР-Кот и щита дома ЩР-Д.( Щит распределительный дома).

Таблица 8 - Выбор автоматических выключателей

Обозначение	Наименование АВ	Номинальный ток, А	Характеристика срабатывания расцепителя	Диапазон срабатывания расцепителя
ЩР-Кот				
QS1	ВА47-29 3Р	40	С	5 I <sub>н</sub> - 10 I <sub>н</sub>
QF1	ВА47-29 3Р	32	С	5 I <sub>н</sub> - 10 I <sub>н</sub>
QF2	ВА47-29 1Р	1	В	3 I <sub>н</sub> - 5 I <sub>н</sub>
QF3	ВА47-29 1Р	10	С	5 I <sub>н</sub> - 10 I <sub>н</sub>
QF4	ВА47-29 1Р	1	В	3 I <sub>н</sub> - 5 I <sub>н</sub>
ЩР-Д				
QS1	ВА47-100 3Р	80	С	5 I <sub>н</sub> - 10 I <sub>н</sub>
QF1	ВА47-29 3Р	40	С	5 I <sub>н</sub> - 10 I <sub>н</sub>
QF2	ВА47-29 1Р	10	С	5 I <sub>н</sub> - 10 I <sub>н</sub>
QF3	ВА47-29 1Р	6	С	5 I <sub>н</sub> - 10 I <sub>н</sub>
QF4	ВА47-29 1Р	16	С	5 I <sub>н</sub> - 10 I <sub>н</sub>
QSF5	АВДТ32 2Р 1+N	16	С	5 I <sub>н</sub> - 10 I <sub>н</sub>
QSF6	АВДТ32 2Р 1+N	16	С	5 I <sub>н</sub> - 10 I <sub>н</sub>
QSF7	АВДТ32 2Р 1+N	16	С	5 I <sub>н</sub> - 10 I <sub>н</sub>
QSF8	АВДТ32 2Р 1+N	16	С	5 I <sub>н</sub> - 10 I <sub>н</sub>
QSF9	АВДТ32 2Р 1+N	6	С	5 I <sub>н</sub> - 10 I <sub>н</sub>
QSF10	АВДТ32 2Р 1+N	16	С	5 I <sub>н</sub> - 10 I <sub>н</sub>

QF11	BA47-29 1P	10	C	$5 I_H - 10 I_H$
QF12	BA47-29 1P	10	C	$5 I_H - 10 I_H$
ЩН				
QF-H	BA47-100 3P	100	C	$5 I_H - 10 I_H$

Автоматический выключатель QF-H, установленный на опоре 0,4 кВ в щите нагрузки ЩН, выбран с учетом селективности срабатывания защиты.

Селективность характеризуется предельным током. Предельный ток селективности - это предельное значение тока, ниже которого при наличии двух последовательно соединенных аппаратов защиты от сверхтоков аппарат со стороны нагрузки успевает завершить процесс отключения до того, как его начнет второй аппарат, установленный со стороны питания.

## 2.4 Расчет токов короткого замыкания

Коротким замыканием (КЗ) называют всякое случайное или преднамеренное, не предусмотренное нормальным режимом работы, электрическое соединение различных точек электроустановки, при которых токи в ветвях электроустановки резко возрастают, превышая наибольший допустимый ток продолжительного режима.

Расчеты токов короткого замыкания (КЗ) выполняются для:

- выбора и проверки электрооборудования по электродинамической и термической стойкости;
- определения уставок и обеспечения селективности срабатывания защиты на вводах в квартиру или коттедж.

Это в первую очередь относится к выбору автоматических выключателей.

Основными документами, регламентирующими порядок расчета токов короткого замыкания, являются:

- ГОСТ 28249-93 (2003). Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ;

- Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования - РД 153-34.0-20.527-98 РАО ЕЭС России, 2002 г.

### 2.4.1 Расчет аппаратуры и линии внешнего электроснабжения

Для расчета токов короткого замыкания необходимо определить тип трансформатора, установленного на ТП 10/0,4, автоматический выключатель, установленный на секцию шин НН на ТП, автоматический выключатель, установленный на линию, питающую группу домов поселка, где расположен проектируемый жилой дом, а также определить сечение воздушной ЛЭП.

Для расчетов принимаем: количество домов поселка, получающих электроснабжение по воздушной ЛЭП – 5 (см. рисунок 3), удельная электрическая нагрузка проектируемого дома  $P_p = 19,86\text{кВт}$ , удельную электрическую нагрузку для остальных домов принимаем  $P_p = 11,5\text{кВт}$ . Коэффициенты мощности для каждого жилого дома  $\cos\varphi = 0,9$  ( $\text{tg}\varphi = 0,48$ ).

Определяем мощность в воздушной ЛЭП:

$$S_{ЛЭП} = \frac{P_{\Sigma}}{\cos\varphi}; \quad (29)$$

$$S_{ЛЭП} = \frac{95,93}{0,9}; \quad (30)$$

$$S_{ЛЭП} = 106,59 \text{ кВА}; \quad (31)$$

Определяем ток в воздушной ЛЭП:

$$I_{ЛЭП} = \frac{S_{ЛЭП}}{\sqrt{3} \cdot U_{ЛЭП}}. \quad (32)$$

Так как электроснабжение группы домов посёлка осуществляется по воздушной ЛЭП проводом марки СИП, то на основании расчета с учетом увеличения электрической нагрузки для каждого дома по каталогу выбираем линию СИП-5 с четырьмя несущими жилами сечением 50 кв. мм, т.е. СИП-5 4x50, допустимый ток линии  $I_{\text{доп.}} = 140\text{А}$ , материал жил провода – алюминий, ток термической стойкости (односекундный)  $I_{\text{т.ст.}} = 3,2\text{кА}$ .

Определяем тип трансформатора, установленного на ТП-10/0,4 для электроснабжения данных пяти индивидуальных жилых домов посёлка. Для этого определяем потери мощности в трансформаторе по формулам из В.П. Шеховцова :

$$\Delta Q_{mp} = 0,1 \cdot S_{вл} = 0,1 \cdot 73 = 7,3 \text{кВАр}; \quad (33)$$

$$\Delta Q_{mp} = 0,1 \cdot S_{вл} = 0,1 \cdot 73 = 7,3 \text{кВАр}; \quad (34)$$

$$\Delta Q_{mp} = 0,1 \cdot S_{вл} = 0,1 \cdot 73 = 7,3 \text{кВАр}; \quad (35)$$

Определяем мощность трансформатора:

$$S_{тр} = 1,1 \cdot S_{вл} = 1,1 \cdot 73 = 80,3 \text{кВА}; \quad (36)$$

На основании расчетов с учетом увеличения электрической нагрузки для каждого дома принимаем для данных жилых домов к установке на трансформаторной подстанции ТП-10/0,4 трансформатор ТМ-160/10/0,4 мощностью  $S = 160 \text{кВА}$ .

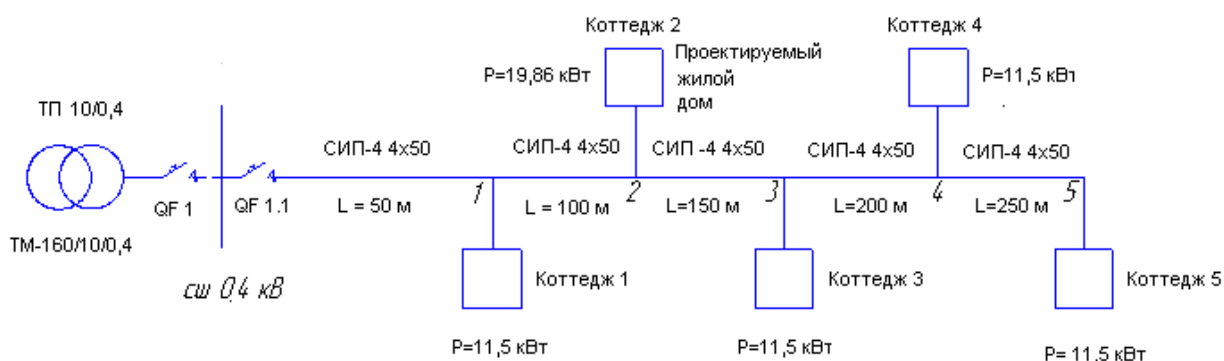


Рисунок 3 - Схема электроснабжения группы домов посёлка

Произведём выбор автоматического выключателя QF1 на секцию шин НН ТП-10/0,4 (рисунок 3)

$$I_{откл} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{расц}} = \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 230,9 \text{А}; \quad (37)$$

Выбираем по автоматический выключатель ВА52-35-3,  $I_{на} = 250 \text{А}$ ,  $I_{расц} = 250 \text{А}$ ,  $K_{у(тр)} = 1,25$ ,  $K_{у(эмр)} = 12$ ,  $I_{откл} = 30 \text{кА}$ .

Произведём выбор автоматического выключателя QF1.1 на линию, питающую группу домов посёлка (рисунок 3). Как было рассчитано выше,

ток в воздушной ЛЭП составляет  $I_{ВЛ} = 111\text{А}$ , с учетом увеличения нагрузки для каждого дома то выбираем автоматический выключатель ВА52-33-3,  $I_{н.а} = 160\text{А}$ ,  $I_{расч.} = 125\text{А}$ ,  $K_{у(тр)} = 1,25$ ,  $K_{у(эмп)} = 10$ ,  $I_{откл.} = 35\text{кА}$ .

### 2.4.2 Расчёт токов трёхфазного короткого замыкания

Под трёхфазным КЗ подразумевается короткое замыкание между тремя фазами в электрической системе.

Расчет токов трёхфазного КЗ заключается в определении:

- начального действующего значения периодической составляющей тока КЗ;
- аperiodической составляющей тока КЗ;
- ударного тока КЗ.

Для расчёта токов короткого замыкания составляем расчетную схему (рисунок 4) и определяем точки КЗ:  $K_1$  – секция шин НН ТП,  $K_2$  – щит ЩН на опоре 0,4 кВ,  $K_3$  – щит дома ЩР-Д.

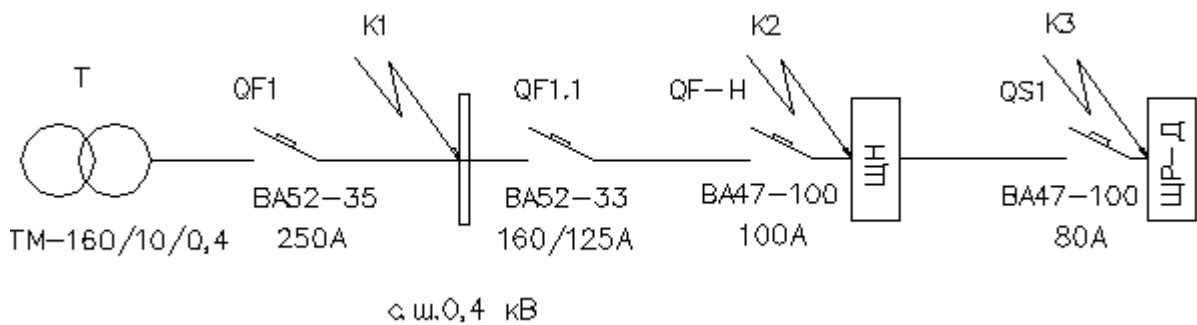


Рисунок 4 - Расчетная схема электроснабжения

На основании расчетной схемы (рисунок 4) составляем эквивалентную схему замещения. (рисунок 5)

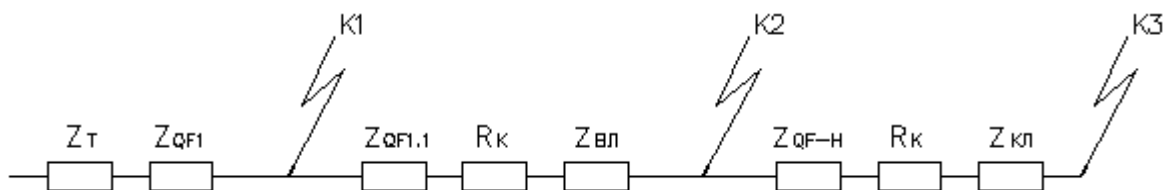


Рисунок 5 - Эквивалентная схема замещения электроснабжения



Определение сопротивлений схемы замещения:

- сопротивление трансформатора ТМ-160/10/0,4 [31, табл. 5.1.1]

$$R_T = 1 \text{ мОм}; X_T = 4,1 \text{ мОм}; Z_T = 45 \text{ мОм}; Z_T^D = 48 \text{ мОм};$$

- переходное сопротивление электрических контактов

$$R_K = 0,1 \text{ мОм};$$

- сопротивление автоматических выключателей

$$QF-25A; R_{QF} = 0,9 \text{ мОм}; X_{QF} = 0,4 \text{ мОм};$$

$$Z_{QF} = \sqrt{R_{QF}^2 + X_{QF}^2} = 0,9 \text{ мОм}; \quad (38)$$

$$QF1-12A; R_{QF1} = 1,7 \text{ мОм}; X_{QF1} = 0,7 \text{ мОм};$$

$$Z_{QF1} = \sqrt{R_{QF1}^2 + X_{QF1}^2} = 1,9 \text{ мОм}; \quad (39)$$

$$QFN0A; R_{QFN} = 2,5 \text{ мОм}; X_{QFN} = 1,2 \text{ мОм};$$

$$Z_{QFN} = \sqrt{R_{QFN}^2 + X_{QFN}^2} = 2,8 \text{ мОм}. \quad (40)$$

- сопротивление ВЛ-0,4 кВ СИП-5 4x50, материал жил – алюминий, способ прокладки – открытая, длина  $l = 100 \text{ м}$

$$r_0 = 0,67 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{ВЛ}} = 0,67 \text{ Ом}; \quad (41)$$

$$x_0 = 0,25 \text{ Ом};$$

$$X_{\text{ВЛ}} = 0,15 \text{ Ом}. \quad (42)$$

,где  $r_0$  и  $x_0$  - удельные активное и индуктивное сопротивления проводов ВЛ

- сопротивление КЛ-0,4 кВ ВБШв 4x6, материал жил – медь, броня из двух стальных лент, способ прокладки – в земле, длина  $l = 10 \text{ м}$

$$r_0 = 3,4 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{КЛ}} = 3,4 \text{ Ом}; \quad (43)$$

$$x_0 = 0,1 \text{ Ом};$$

$$X_{\text{КЛ}} = 0,1 \text{ Ом}. \quad (44)$$

,где  $r_0$  и  $x_0$  - удельные активное и индуктивное сопротивления жил КЛ

Определение сопротивлений и расчёт токов КЗ в точке  $K_1$

Активное сопротивление в точке  $K_1$ :

$$R_{K1} = 159 \text{ Ом}; \quad (45)$$

Реактивное сопротивление в точке  $K_1$ :

$$X_{K1} = 465 \text{ Ом}; \quad (46)$$

Полное сопротивление в точке  $K_1$ :

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = 494 \text{ Ом}; \quad (47)$$

Отношение  $R_{K1} / X_{K1}$ :

$$\frac{R_{K1}}{X_{K1}} = \frac{159}{465} = 0,34; \quad (48)$$

Для расчёта ударного тока определяем ударный коэффициент как функцию:

$$k_{уд} = \sqrt{\frac{R_{K1}}{X_{K1}}} = 0,58. \quad (49)$$

Начальное действующее значение периодической составляющей в точке  $K_1$  определяем по формуле.

$$I_{K1} = \frac{U_{ф}}{\sqrt{3} Z_{K1}} = \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot 494} = 0,008 \text{ кА}. \quad (50)$$

Апериодическую составляющую тока КЗ в точке  $K_1$  определяем по формуле:

$$I_{ап} = \sqrt{2} I_{K1} = \sqrt{2} \cdot 0,008 = 0,011 \text{ кА}. \quad (51)$$

Ударный ток КЗ в точке  $K_1$  определяем по формуле:

$$I_{уд} = \sqrt{2} I_{K1} + I_{ап} = \sqrt{2} \cdot 0,008 + 0,011 = 0,014 \text{ кА}. \quad (52)$$

Определение сопротивлений и расчёт токов КЗ в точке  $K_2$

Активное сопротивление в точке  $K_2$ :

$$R_{K2} = 159 \text{ Ом}. \quad (53)$$

Реактивное сопротивление в точке  $K_2$ :

$$X_{K2} = 465 \text{ Ом}. \quad (54)$$

Полное сопротивление в точке  $K_2$ :

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = 494 \text{ Ом}. \quad (55)$$

Отношение  $X_{K2} / R_{K2}$ :

$$\frac{X_{K2}}{R_{K2}} = \frac{689}{841} = 0.82 \quad (56)$$

Ударный коэффициент:

$$k_{уд} = \left( \frac{X_{K2}}{R_{K2}} \right) = 0.82 \quad (57)$$

Начальное значение периодической составляющей в точке K<sub>2</sub>:

$$I_{K2} = \frac{U_{K2}}{\sqrt{3} R_{K2}} = \frac{680}{\sqrt{3} \cdot 841} = 0.23 \quad (58)$$

Апериодическая составляющая тока КЗ в точке K<sub>2</sub>:

$$I_{a2} = \sqrt{2} I_{K2} = \sqrt{2} \cdot 0.23 = 0.32 \quad (59)$$

Ударный ток КЗ в точке K<sub>2</sub>:

$$i_{уд2} = \sqrt{2} I_{a2} = \sqrt{2} \cdot 0.32 = 0.45 \quad (60)$$

Определение сопротивлений и расчёт токов КЗ в точке K<sub>3</sub>

Активное сопротивление в точке K<sub>3</sub>:

$$R_{K3} = \frac{U_{K3}}{I_{K3}} = \frac{680}{105} = 6.47 \quad (61)$$

Реактивное сопротивление в точке K<sub>3</sub>:

$$X_{K3} = \frac{U_{K3}}{I_{K3}} = \frac{680}{105} = 6.47 \quad (62)$$

Полное сопротивление в точке K<sub>3</sub>:

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{6.47^2 + 6.47^2} = 9.14 \quad (63)$$

Отношение  $X_{K3}/R_{K3}$ :

$$\frac{X_{K3}}{R_{K3}} = \frac{709}{106} = 0.67 \quad (64)$$

Ударный коэффициент:

$$k_{уд} = \left( \frac{X_{K3}}{R_{K3}} \right) = 0.67 \quad (65)$$

Начальное значение периодической составляющей в точке K<sub>3</sub>:

$$I_{K3} = \frac{U_{K3}}{\sqrt{3} R_{K3}} = \frac{680}{\sqrt{3} \cdot 106} = 0.36 \quad (67)$$

Апериодическая составляющая тока КЗ в точке K<sub>3</sub>:

$$I_{a3} = \sqrt{2} I_{K3} = \sqrt{2} \cdot 0.36 = 0.51 \quad (68)$$



$$Z_{\text{ВЛ}} = \frac{2 \cdot R_{\text{ВЛ}} \cdot L}{3} + j \frac{2 \cdot X_{\text{ВЛ}} \cdot L}{3}; \quad (71)$$

$$Z_{\text{ВЛ}} = \frac{2 \cdot R_{\text{ВЛ}} \cdot L}{3} + j \frac{2 \cdot X_{\text{ВЛ}} \cdot L}{3}; \quad (72)$$

$$Z_{\text{ВЛ}} = \frac{2 \cdot R_{\text{ВЛ}} \cdot L}{3} + j \frac{2 \cdot X_{\text{ВЛ}} \cdot L}{3}. \quad (73)$$

- Сопротивление петли «фаза-нуль» ВЛ-0,4 кВ СИП-5 4x50:

$$Z_{\text{ВЛ}} = \frac{2 \cdot R_{\text{ВЛ}} \cdot L}{3} + j \frac{2 \cdot X_{\text{ВЛ}} \cdot L}{3}. \quad (74)$$

$$Z_{\text{ВЛ}} = \frac{2 \cdot R_{\text{ВЛ}} \cdot L}{3} + j \frac{2 \cdot X_{\text{ВЛ}} \cdot L}{3}. \quad (75)$$

- Сопротивление петли «фаза-нуль» КЛ-0,4 кВ ВББШв 4x6;

$$Z_{\text{КЛ}} = \frac{2 \cdot R_{\text{КЛ}} \cdot L}{3} + j \frac{2 \cdot X_{\text{КЛ}} \cdot L}{3}; \quad (76)$$

$$Z_{\text{КЛ}} = \frac{2 \cdot R_{\text{КЛ}} \cdot L}{3} + j \frac{2 \cdot X_{\text{КЛ}} \cdot L}{3}. \quad (77)$$

Определение сопротивлений и расчёт токов КЗ в точке К<sub>1</sub>

Сопротивление петли «фаза-нуль» в точке К<sub>1</sub>:

$$Z_{\text{ВЛ}} = \frac{2 \cdot R_{\text{ВЛ}} \cdot L}{3} + j \frac{2 \cdot X_{\text{ВЛ}} \cdot L}{3}; \quad (78)$$

Ток однофазного КЗ в точке К<sub>1</sub> определяем по формуле

$$I_{\text{к}} = \frac{U_{\text{ф}}}{Z_{\text{ВЛ}}} = \frac{0,4}{\frac{2 \cdot R_{\text{ВЛ}} \cdot L}{3} + j \frac{2 \cdot X_{\text{ВЛ}} \cdot L}{3}}. \quad (79)$$

Определение сопротивлений и расчёт токов КЗ в точке К<sub>2</sub>

Сопротивление петли «фаза-нуль» в точке К<sub>2</sub>:

$$Z_{\text{ВЛ}} = \frac{2 \cdot R_{\text{ВЛ}} \cdot L}{3} + j \frac{2 \cdot X_{\text{ВЛ}} \cdot L}{3}. \quad (80)$$

Ток однофазного КЗ в точке К<sub>2</sub>:

$$I_{\text{к}} = \frac{U_{\text{ф}}}{Z_{\text{ВЛ}}} = \frac{0,4}{\frac{2 \cdot R_{\text{ВЛ}} \cdot L}{3} + j \frac{2 \cdot X_{\text{ВЛ}} \cdot L}{3}}. \quad (81)$$

Определение сопротивлений и расчёт токов КЗ в точке К<sub>3</sub>.

Сопротивление петли «фаза-нуль» в точке К<sub>3</sub>:

$$Z_{\text{ВЛ}} = \frac{2 \cdot R_{\text{ВЛ}} \cdot L}{3} + j \frac{2 \cdot X_{\text{ВЛ}} \cdot L}{3}; \quad (82)$$

Ток однофазного КЗ в точке К<sub>3</sub>

$$I_{\text{к}} = \frac{U_{\text{ф}}}{Z_{\text{ВЛ}}} = \frac{0,4}{\frac{2 \cdot R_{\text{ВЛ}} \cdot L}{3} + j \frac{2 \cdot X_{\text{ВЛ}} \cdot L}{3}}. \quad (83)$$

## 2.4.4 Проверка правильности выбора защитной аппаратуры

Сведём рассчитанные токи короткого замыкания в (таблицу 9) и проверим правильность выбора автоматических выключателей.

Таблица 9 – Сводная ведомость токов КЗ

Точка КЗ	R <sub>к</sub> , МОм	X <sub>к</sub> , МОм	Z <sub>к</sub> , МОм	k <sub>уд.</sub>	I <sub>к<sup>(3)</sup></sub> , кА	i <sub>уд.</sub> , кА	Z <sub>п</sub> , МОм	I <sub>к<sup>(1)</sup></sub> , кА
К1	17,59	42,12	45,65	1,25	5,06	8,95	46,08	1,11
К2	86,41	68,09	110	1,07	2	3,03	192,14	0,62
К3	124,06	70,29	142,6	1,0	1,54	2,18	255,89	0,53

Правильность выбора автоматических выключателей выполняем по условиям:

$$I_{откавит} \geq I_K^{(3)}; \quad (84)$$

$$I_{откавит} \geq i_{уд}; \quad (85)$$

$$I_K^{(1)} \geq 3I_{нормал}. \quad (86)$$

Автоматический выключатель QF1 ВА52-35-3:

~~$$I_{откавит} \geq 30 \text{ А}; \quad (87)$$~~

~~$$I_{откавит} \geq 30 \text{ А}; \quad (88)$$~~

~~$$I_K^{(1)} \geq 3I_{нормал}. \quad (89)$$~~

Автоматический выключатель выбран верно.

Автоматический выключатель QF1.1 ВА52-33-3:

~~$$I_{откавит} \geq 50 \text{ А}; \quad (90)$$~~

~~$$I_{откавит} \geq 50 \text{ А}; \quad (91)$$~~

~~$$I_K^{(1)} \geq 3I_{нормал}. \quad (92)$$~~

Автоматический выключатель выбран верно.

Автоматический выключатель QF-H ВА47-100 С100:

Данный автоматический выключатель предназначен для защиты жилого дома от сверхтоков (токов КЗ), вследствие чего правильность его выбора определяется по условиям:

$$I_K^{(3)} > I_{расц}; \quad i_{уд} > I_{расц}; \quad I_K^{(1)} \geq 3 \cdot I_{ном}; \quad (93)$$

Для данного автоматического выключателя диапазон срабатывания мгновенного расцепителя составляет  $(5-10) \cdot I_{ном.}$ , т.е. 500-1000А. Для расчетов принимаем максимальное значение в 1000А, т.е.  $I_{расц} = 1000$

$$I_B = 154 \text{ А}; \quad (94)$$

$$I_{\Delta B} = 218 \text{ А}; \quad (95)$$

$$I_{\Delta B} = 218 \text{ А}. \quad (96)$$

Автоматический выключатель выбран верно.

## 2.5 ВЫБОР АВТОНОМНОГО ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Для отопления малоэтажных домов в настоящее время применяют водяное отопление с источниками теплоснабжения на жидком и газообразном топливе, а также электрические котлы.

Наиболее совершенно отопление от электрических котлов - оно более экологично, безопасно и комфортно. Капитальные затраты на установку электрического котла значительно ниже, чем других источников тепла. Кроме того, электрический котел не требует оборудования дымохода, специального помещения (котельной), топливопроводов, дополнительный резервуар. Но, несмотря на все достоинства, у электрических котлов есть недостатки, которые становятся решающими и заставляют отказаться от использования таких котлов. Самый главный недостаток - это высокая стоимость электроэнергии. Другой недостаток - сложность с получением на объект дополнительной электрической мощности.

В связи с выше изложенным, в проектируемом жилом доме электрический котел устанавливаем в качестве резервного источника теплоснабжения.

Общая площадь всех помещений - 135,78м<sup>2</sup>. Учитывая, что конвекторы отопления не устанавливаются в помещениях без окон и на балконах, которыми являются холлы первого и второго этажей, санузлы первого и

второго этажей и лоджия, площадь которых составляет 10м<sup>2</sup>, определяем отапливаемую площадь:  $S = 135,78\text{м}^2$ . Исходя из отапливаемой площади помещений, в качестве резервного источника теплоснабжения принимаем к установке по каталогу электрический котел Protherm 9к тепловой мощностью 9 кВт.

Данный электрический котел оснащен электронным управлением и предназначен для водяного отопления помещений частных домов. Особенностью данного электрического котла является то, что он может использоваться как автономно, так и совместно с газовыми и другими видами котлов. Технические характеристики котла представлены в (таблице 10).

Таблица 10 - Технические характеристики электродкотла эл котел Protherm 9к

Наименование параметра	Котёл Protherm 9к
Номинальное напряжение, В	380
Номинальная частота, Гц	50
Номинальная потребляемая мощность, кВт	9
Тепловая мощность, кВт	9
Рекомендуемая площадь отапливаемых помещений, м <sup>2</sup>	90
Максимальная площадь отапливаемых помещений, м <sup>2</sup>	170
Регулировка температуры воды, °С	Автоматическая 26 <sup>0</sup> - 85 <sup>0</sup> С
Теплоноситель	Вода водопроводная ГОСТ 2874
Габаритные размеры, мм	
Ширина	410
Глубина	310
Высота	740
Масса, кг, не более	34
Срок службы, лет	7

Газ - самый дешевый вид топлива в стране. Именно этот фактор предопределил наиболее востребованный отопительный аппарат - газовый котел.

Несмотря на то, что капитальные затраты на установку газового котла значительно превышают капитальные затраты на установку электрического, разница в стоимости газа и электроэнергии окупает газовые котлы в очень короткие сроки.



Таким образом, в качестве основного источника теплоснабжения в проектируемом жилом доме принимаем газовый котёл.

Исходя из площади отапливаемых помещений  $S = 135,78\text{м}^2$ , принимаем к установке по каталогу настенный газовый котел Bosh Gaz 6000-18с. Данный газовый котёл является одноконтурным, т.е. предназначен только для отопления помещений жилого дома. Технические характеристики газового котла Bosh Gaz 6000-18с представлены в (таблице 11).

Таблица 11 - Технические характеристики котла Bosh Gaz 6000-18с

Наименование параметра	Котёл Bosh Gaz 6000-18с
Номинальное напряжение, В	220
Потребляемая электрическая мощность, кВт	0,12
Тепловая мощность, кВт	18
Отапливаемая площадь, м <sup>2</sup>	180
Вид топлива	Природный газ
КПД, %	95,5
Габаритные размеры, мм	
Ширина	400
Глубина	299
Высота	700
Масса, кг	28

## 2.6 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

В выпускной квалификационной работе необходимо сравнить затраты при установке и эксплуатации газового и электрического котлов теплоснабжения индивидуального жилого дома.

В выпускной квалификационной работе в ходе расчетов были выбраны к установке два источника теплоснабжения – газовый котел Bosh Gaz 6000-18с настенного исполнения, являющийся основным источником теплоснабжения, и электрический котел Protherm 9к, являющийся резервным источником теплоснабжения.

## 2.6.1 Составление сметы капитальных вложений

Определяем капитальные вложения на установку газового котла Bosh Gaz 6000-18с и сводим их в (таблицу 12) (все данные приведены в ценах 2017 года).

Таблица 12 – Смета капитальных вложений на установку газового котла

Наименование	Количество	Стоимость, руб.	Сумма, руб.
Котел газовый Bosh Gaz 6000-18с	1	30 300	30 300
Установка настенного газового котла (сборка, подключение к системе отопления, обвязка запорной арматурой с фильтром грубой очистки)	1	15 000	15 000
Монтаж дымоотводящей трубы	1	1 000	1 000
ИТОГО			46 300

Капитальные вложения на установку электрического котла Protherm 9к сводим в (таблицу 13) (все данные приведены в ценах 2017 года).

Накладные расходы составляют 65% от капиталовложений, откуда формула для вычисления накладных расходов:

$$P_H = 0,65 \Delta K, \quad (97)$$

,где  $\Delta K$  – сумма капиталовложений, руб.

Таблица 13 – Смета капитальных вложений на установку электродкотла

Наименование	Количество	Стоимость, руб.	Сумма, руб.
Котел электрический Protherm 9к	1	27 000	27 000
Установка электрического котла (сборка, подключение к системе отопления, обвязка запорной арматурой с фильтром грубой очистки, без подвода электропитания)	1	7 000	7 000
ИТОГО			34 000

Определяем накладные расходы:

- для газового котла;

$$P_{HG} = 0,65 \cdot \Delta K_G = 0,65 \cdot 46300 = 30095 \text{ руб.} \quad (98)$$

- для электрического котла;

$$P_{HE} = 0,65 \cdot \Delta K_E = 0,65 \cdot 34000 = 22100 \text{ руб.} \quad (99)$$

Плановые накопления составляют 40% от суммы капиталовложений и накладных расходов, откуда формула для их вычисления:

$$H = 0,4 \cdot (K + P); \quad (100)$$

Определяем плановые накопления:

- для газового котла;

$$H_{\text{Г}} = 0,4 \cdot (\Delta K_{\text{Г}} + P_{\text{Г}}) = 0,4 \cdot (45300 + 30095) = 30558 \text{ руб.} \quad (101)$$

- для электрического котла;

$$H_{\text{Э}} = 0,4 \cdot (\Delta K_{\text{Э}} + P_{\text{Э}}) = 0,4 \cdot (34000 + 22100) = 22440 \text{ руб.} \quad (102)$$

Общие капиталовложения  $K$ , руб., определяются как сумма капиталовложений на оборудование, накладных расходов и плановых накоплений.

Определим общие капиталовложения для газового и электрического котлов:

- для газового котла;

$$K_{\text{Г}} = \Delta K_{\text{Г}} + P_{\text{Г}} + H_{\text{Г}} = 46300 + 30095 + 30558 = 106953 \text{ руб.} \quad (103)$$

- для электрического котла;

$$K_{\text{Э}} = \Delta K_{\text{Э}} + P_{\text{Э}} + H_{\text{Э}} = 34000 + 22100 + 22440 = 78540 \text{ руб.} \quad (104)$$

## 2.6.2 Технико-экономическое сравнение установки и обслуживания котлов

Выбор лучшего варианта произведем по минимуму приведенных затрат по формуле:

$$Z_{\text{П}} = E_{\text{н}} \cdot \Delta K + I_{\text{Э}}, \quad (105)$$

где  $Z_{\text{П}}$  - минимум приведенных затрат, руб.;

$E_{\text{н}}$  - нормативный коэффициент сравнительной эффективности капитальных вложений,  $E_{\text{н}} = 0,12$  (1/год);

$\Delta K$  – капитальные вложения (сметная стоимость), руб.;

$I_{\text{Э}}$  - ежегодные эксплуатационные расходы, руб.

Ежегодные эксплуатационные расходы определяются:

$$I_{\Sigma} = A + Z_{\text{ТР}} + Z_{\text{проч}}, \quad (106)$$

где  $A$  – затраты на амортизацию оборудования, руб.;

$Z_{\text{ТР}}$  – затраты на текущий ремонт, руб.;

$Z_{\text{проч.}}$  – прочие затраты, руб.

Затраты на амортизацию оборудования составляют  $A = 16,3\%$  от капитальных вложений  $\Delta K$ , затраты на текущий ремонт составляют  $Z_{\text{ТР}} = 80\%$  от затрат на амортизацию, прочие затраты составляют  $Z_{\text{проч.}} = 10\%$  от суммы затрат на амортизацию и текущий ремонт, откуда определяем ежегодные эксплуатационные расходы при установке и обслуживании:

- газового котла

$$A_{\Gamma} = 0,163 \cdot \Delta K_{\Gamma} = 0,163 \cdot 46300 = 7546,9 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{ТР},\Gamma} = 0,8 \cdot A_{\Gamma} = 0,8 \cdot 7546,9 = 6037,52 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{проч.},\Gamma} = 0,1 \cdot (A_{\Gamma} + Z_{\text{ТР},\Gamma}) = 0,1 \cdot (7546,9 + 6037,52) = 1358,44 \text{ руб.}$$

$$I_{\Sigma,\Gamma} = A_{\Gamma} + Z_{\text{ТР},\Gamma} + Z_{\text{проч.},\Gamma} = 7546,9 + 6037,52 + 1358,44 = 14942,86 \text{ руб.};$$

- электрического котла:

$$A_{\Sigma} = 0,163 \cdot \Delta K_{\Sigma} = 0,163 \cdot 34000 = 5542 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{ТР},\Sigma} = 0,8 \cdot A_{\Sigma} = 0,8 \cdot 5542 = 4433,6 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{проч.},\Sigma} = 0,1 \cdot (A_{\Sigma} + Z_{\text{ТР},\Sigma}) = 0,1 \cdot (5542 + 4433,6) = 9975,6 \text{ руб.};$$

$$I_{\Sigma,\Sigma} = A_{\Sigma} + Z_{\text{ТР},\Sigma} + Z_{\text{проч.},\Sigma} = 5542 + 4433,6 + 9975,6 = 19951,2 \text{ руб.}$$

Сведем полученные расчетные данные в (таблицу 14) и определим минимум приведенных затрат.

Таблица 14 – Расчет приведенных затрат на установку и обслуживание котлов

Наименование оборудования	Затраты на амортизацию, $A$ , руб.	Затраты на текущий ремонт, $Z_{\text{ТР}}$ , руб.	Прочие затраты, $Z_{\text{проч}}$ , руб.	Ежегодные эксплуатационные расходы, $I_{\Sigma}$ , руб.	Капитальные вложения, $\Delta K$ , руб.	Приведенные затраты, $Z_{\text{п}}$ , руб.
Газовый котел	7546,9	6037,52	1358,44	14942,86	46300	7349,14
Электрокотел	5542	4433,6	9975,6	19951,2	34000	6474,14

На основании расчетов определяем, что при установке и обслуживании электрического котла затраты будут меньше, чем при установке и

обслуживании газового котла. Однако, в данном случае, необходимо сравнить затраты при эксплуатации котлов.

### 2.6.3 Техничко-экономическое сравнение эксплуатации котлов

Выбор лучшего варианта произведем по минимуму затрат на энергию.

Годовые затраты на газоснабжение составляют:

$$Z = Q_{\Gamma} \cdot 24 \cdot 218 \cdot I_{\Gamma}; \quad (107)$$

,где  $Q_{\Gamma}$  – номинальный расход газа, м<sup>3</sup>/час;

24 – количество часов в сутках, час;

218 – число дней отопительного периода, дн.;

$I_{\Gamma}$  – стоимость 1м<sup>3</sup> газа, руб.

Согласно каталожным данным , номинальный расход газа газового котла Bosh Gaz 6000-18с составляет  $Q_{\Gamma} = 1,16\text{м}^3/\text{час}$ .

Стоимость 1 м<sup>3</sup> газа на 2015 год составляет  $I_{\Gamma} = 4,55$  руб., откуда затраты на газоснабжение:

~~$$Z = 1,16 \cdot 24 \cdot 218 \cdot 4,55 = 27614,5 \text{ руб.}$$~~

Годовые затраты на электроэнергию составляют:

$$Z = P \cdot 24 \cdot I_{\text{э}}; \quad (108)$$

,где  $P$  – мощность электрокотла, кВт;

$I_{\text{э}}$  – тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч.

Тариф на электроэнергию в 2015 году составляет  $I_{\text{э}}=3,30$  руб. за кВт·ч, откуда затраты на электроэнергию:

~~$$Z = 15 \cdot 24 \cdot 3,30 = 11916 \text{ руб.}$$~~

Сведем полученные расчетные данные в (таблицу 15).

Таблица 15 – Затраты на потребляемую энергию

Потребитель энергии	Годовые затраты на потребляемую энергию, руб.
Газовый котел	27614,5
Электрический котел	155390,4

На основании проведенных расчетов определяем, что при эксплуатации более выгоден газовый котел.

#### 2.6.4 Технико-экономическое сравнение вариантов

Определим общие затраты на установку, обслуживание и эксплуатацию котлов. Данные сводим в( таблицу 16).

Таблица 15 – Общие затраты

Параметр	Газовый котел	Электрический котел
Капитальные вложения, ΔК, руб.	58029	19440
Ежегодные эксплуатационные расходы, Иэ, руб.	18728,28	6274,07
Годовые затраты на потребляемую энергию, З, руб.	27614,5	155390,4
ИТОГО, руб.	104371,78	181104,47

Как видно из таблицы 15, общие затраты на установку, обслуживание и эксплуатацию у газового котла меньше, чем те же затраты у электрического котла. Кроме того, за счет разницы затрат на электроэнергию и на газ при установке газового котла появляется дополнительный доход.

Дополнительный доход получается за счет разницы годовых затрат на потребляемую энергию:

$$\Delta Z = Z_{\text{э}} - Z_{\text{г}}; \quad (108)$$

Годовая экономия при установке газового котла составляет:

$$\Delta Z = 18728,28 - 6274,07; \quad (109)$$

где Иэ - ежегодные эксплуатационные расходы, руб;

$$\Delta Z = 12454,21 \text{ руб./год};$$

Срок окупаемости капитальных вложений газового котла за счет годовой экономии:

$$T_{\text{ок}} = \frac{\Delta K}{\Delta Z} = \frac{58029}{12454,21}; \quad (110)$$

то есть газовый котел окупится уже через 0,41 года (4,92 месяца).

Коэффициент экономической эффективности капитальных вложений показывает, какова доходность с каждого вложенного рубля:

$$K_{\text{эфф}} = \frac{1}{C} \frac{1}{1 - \frac{1}{1 + r}} \quad (111)$$

На основании произведенных расчетов окончательно определяем, что к установке в индивидуальном жилом доме в качестве основного источника теплоснабжения должен быть выбран газовый котел Bosh Gaz 6000-18с

### **3.РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ГАЗОВЫХ КОТЛОВ**

Длительная и безопасная работа отопительных котлов без аварий возможна при соблюдении требований безопасности. Если данные требования не выполнять или пренебрегать ими, последствия могут быть фатальными. Чтобы не допустить пожара, отравления угарным газом, взрыва, не стоит забывать об осторожности при эксплуатации газовых отопительных котлов. Не подвергайте риску жизнь и здоровье себя и ваших близких. Ваша система отопления будет выполнять свои функции и радовать вас комфортной температурой и бесперебойной работой лишь в случае исправности всех элементов и частей.

Газовое оборудование - узлы и агрегаты (газовые отопительные котлы), позволяющие эффективно и безопасно использовать топливо. Газовое оборудование - это газовые котлы, газовые колонки, газорегуляторные пункты, счетчики газа и т.д.

Современные отопительные котлы снабжены автоматическими системами управления и безопасности. Такие системы в автоматическом режиме обеспечат нормальное функционирование отопительного прибора. Датчики пламени и тяги в критических ситуациях смогут перекрыть газопровод посредством электромагнитного клапана, и не допустят повышения концентрации природного газа и угарного газа. Также существуют и другие датчики, которые контролируют работу всей отопительной системы.

Сигнализатор загазованности можно отнести к обязательным приборам в котельной. Данный прибор не только сообщит об утечке природного газа и повышении концентрации угарного газа посредством светового и звукового сигналов, но и перекроет газопровод, включит принудительную вентиляцию. При эксплуатации газового котла с открытой камерой сгорания необходимо обеспечить постоянный приток воздуха. Такой газовый котел использует



воздух для горения из помещения, в котором он установлен. Воздух требуется для поддержания эффективного горения. Иначе говоря, если не будет хватать воздуха, то КПД котла будет не максимальным. Поэтому стоит очень взвешенно подходить к выбору типа котла. Требования при эксплуатации отопительного газового котла, при появлении запаха газа в помещении с отопительным прибором следует;

- закрыть газовый кран;
- открыть окна;
- не пользоваться электровыключателями;
- погасить открытое пламя;

При появлении запаха дымовых газов следует:

- отключить прибор;
- открыть окна и двери;
- уведомить уполномоченную специализированную фирму.

Отопительный котел можно устанавливать и переустанавливать только силами квалифицированного специалиста. Также не допускается изменять детали отвода дымовых газов в котле. Рекомендуется заключать договор на проверку и техническое обслуживание со специализированной организацией и обеспечить проверку и техобслуживание газового отопительного котла не реже одного раза в год.

### **3.1 Электробезопасность**

#### **3.1.1 Основные принципы обеспечения электробезопасности**

Широкое использование электроэнергии во всех областях деятельности человека и в первую очередь в быту, связанное с увеличением количества и разнообразия электроприборов в коттеджах и на приусадебных участках, естественным образом влечет за собой повышение опасности поражения человека электрическим током.

С позиций электробезопасности человек является проводником электрического тока. Электрический ток, проходящий через тело человека, производит термическое, электротермическое и биологическое воздействие. Величина электрического тока, проходящего через тело человека, является основным фактором, определяющим вид поражения.

В ГОСТ Р 50571.3-2009 приведены требования к основным мерам защиты человека от поражения электрическим током, которые должны соблюдаться в электроустановках зданий. Все многообразие опасных для здоровья и жизни человека контактов с электроустановкой здания подразделяется в стандарте на «прямое прикосновение» и «косвенное прикосновение», которым соответствуют два вида защиты: защита от прямого прикосновения и защита от косвенного прикосновения.

ГОСТ Р 50571.3-2009 содержит требования к следующим мерам защиты от прямого прикосновения:

- к изоляции токоведущих частей;
- к применению ограждений и оболочек;
- к применению барьеров;
- к размещению вне зоны досягаемости;
- к дополнительной защите с помощью устройств защитного

отключения

(УЗО).

Для защиты от косвенного прикосновения требованиями стандарта предусмотрены следующие меры:

- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- применение электрооборудования класса II или с равноценной изоляцией;
- изолирующие помещения, зоны и площадки;
- система местного уравнивания потенциалов;
- электрическое разделение цепей.

Под косвенным прикосновением понимается прикосновение человека к открытым проводящим частям оборудования, на которых в нормальном режиме (исправном состоянии) электроустановки отсутствует электрический потенциал, но при каких-либо неисправностях, вызвавших нарушение изоляции или ее пробой на корпус, на этих частях возможно появление опасного для жизни человека потенциала.

Защиту при косвенном прикосновении следует выполнять во всех случаях, если напряжение в электроустановке превышает 50В переменного тока и 120В постоянного тока.

Защита от прямого прикосновения не требуется, если электрооборудование находится в зоне системы уравнивания потенциалов, а наибольшее рабочее напряжение не превышает 25В переменного тока и 60В постоянного тока в помещениях без повышенной опасности и 6В переменного или 15В постоянного тока - во всех остальных случаях.

Электрооборудование, применяемое для внутренней установки в зданиях, в соответствии с ГОСТ ИЕС 61140-2012 по способам защиты от поражения электрическим током разделяют на четыре класса:

*Оборудование класса 0.* Оборудование, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается основной изоляцией, при этом отсутствует электрическое соединение открытых проводящих частей, если таковые имеются, с защитным проводником стационарной проводки. При пробое основной изоляции защита должна обеспечиваться окружающей средой (воздух, изоляция пола и т.п.).

*Оборудование класса I.* Оборудование, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается основной изоляцией и соединением открытых проводящих частей, доступных прикосновению, с защитным проводником стационарной проводки.

В этом случае открытые проводящие части, доступные прикосновению, не могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции после срабатывания соответствующей защиты.

*Оборудование класса II.* Оборудование, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается применением двойной или усиленной изоляции. В этом случае отсутствуют средства защитного заземления и защитные свойства окружающей среды не используются в качестве меры обеспечения безопасности.

*Оборудование класса III.* Оборудование, в котором защита от поражения электрическим током основана на питании от источника безопасного сверхнизкого напряжения и в котором не возникают напряжения выше безопасного сверхнизкого напряжения. В оборудовании класса III не должно быть заземляющего зажима.

Степень защищенности электрооборудования от пыли, влаги и доступа нормируется ГОСТ Р 14254-96 (МЭК 529-89) на базе IP-кода.

Дополнительная защита от электропоражения при прямом прикосновении, как уже отмечалось выше, достигается путем применения УЗО.

Устройство защитного отключения является предупреждающим электрозащитным мероприятием и в сочетании с современными системами заземления (TN-S, TN-C-S) обеспечивает высокий уровень электробезопасности при эксплуатации электроустановок.

Защита от поражения при косвенном прикосновении (ГОСТ Р 50571.3-2009) обеспечивается следующими мероприятиями:

- применением УЗО;
- применением нулевых защитных проводников в электроустановках зданий с системой заземления TN в комплексе с устройствами защиты от сверхтоков - предохранителями, автоматическими выключателями.

Все рассмотренные выше принципы обеспечения электробезопасности в полной мере относятся как непосредственно к жилищу, так и к приусадебным участкам.

### 3.1.2 Защитное заземление и уравнивание потенциалов

По определению ПУЭ, заземление - преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством, а защитное заземление - заземление, выполняемое в целях электробезопасности.

В ГОСТ Р 50571.2-94 и в разделе 1.7 ПУЭ приведена классификация систем заземления, которые определяют общую характеристику питающей сети и электроустановки здания. В соответствии с указанной классификацией принятая система заземления проектируемого жилого дома имеет обозначение TN-C-S. Электрическая схема данной системы представлена на (рисунке 6).

В системе TN-C-S источник питания имеет непосредственную связь токоведущих частей с землей. Все открытые проводящие части электроустановки здания имеют непосредственную связь с точкой заземления источника питания.

Для обеспечения этой связи на участке питающей электрической сети и (или) электрической цепи применяется совмещенный нулевой защитный и рабочий проводник.

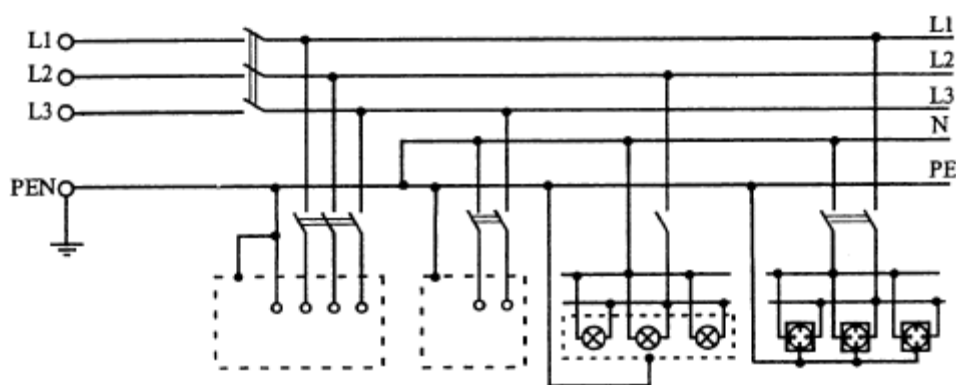


Рисунок 6 - Система TN-C-S рабочий проводник (PEN), в остальной части электрической цепи отдельный нулевой защитный проводник (PE).

С точки зрения электробезопасности данная система заземления при применении УЗО имеет такое преимущество: при пробое изоляции на корпус

электроприёмника УЗО мгновенно отключит электропитание, поскольку корпус электроприёмника имеет надежное соединение с защитным проводником.

В системе TN-C-S совмещенный нулевой и рабочий проводник PEN разделяется на нулевой защитный PE и нулевой рабочий N проводники во вводном устройстве (в проектируемом жилом доме вводным устройством является щит дома ЩР-Д). При этом нулевой защитный проводник PE соединен со всеми открытыми проводящими частями и может быть многократно заземлен, в то время как нулевой рабочий проводник N не должен иметь соединения с землей.

Важным условием обеспечения электробезопасности является наличие системы *уравнивания потенциалов*, заключающейся в подсоединении всех подлежащих заземлению проводящих частей к общей шине (ГЗШ) для достижения равенства их потенциалов.

Системы заземления и уравнивания потенциалов реализуются с помощью заземляющих устройств, представляющих собой совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Заземлитель - это проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду.

В выпускной работе в качестве заземлителя приняты два контура заземления (см. лист 4 графической части):

- контур заземления жилого дома (щита ЩР-Д) – замкнутый;
- контур заземления котельной (щита ЩР-Кот) – рядный.

В качестве ГЗШ в работе предусмотрено использование шин PE щитов ЩР-Д и ЩР-Кот.

Система *уравнивания потенциалов жилого дома* включает в себя подключение к шине PE щита ЩР-Д следующих проводников:

- проводника PEN питающего кабеля ВББШв 4х6;

- заземляющего проводника, подключенного к контуру заземления коттеджа;

- защитных проводников осветительных установок;

- защитных проводников штепсельных розеток;

Система уравнивания потенциалов котельной включает в себя подключение к шине РЕ щита ЩР-Кот следующих проводников:

- проводника РЕ питающего кабеля;

- заземляющего проводника, подключенного к контуру заземления котельной;

- заземляющего проводника трубы газоснабжения;

- защитного проводника электрического котла (в составе кабеля);

- защитного проводника газового котла (в составе кабеля).

### 3.1.3 Расчет заземляющего устройства жилого дома

Произведем расчёт заземляющего устройства (ЗУ) жилого дома. Для расчета используем методику, представленную В.П. Шеховцовым.

Для расчета ЗУ коттеджа используем следующие данные:

- используем только искусственные заземлители;
- тип ЗУ – контурное, у стены дома на расстоянии 1м от стены дома;

- климатическая зона – III (исходные данные);

- грунт – глина, земля садовая (исходные данные),  $\rho = 40 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ;

- вертикальный заземлитель – стальной уголок 50x50x5мм,  $L=2\text{м}$ ;

- количество вертикальных заземлителей  $N_{\text{в}} = 4$ ;

- горизонтальный заземлитель – стальная полоса 40x5мм,

- глубина заложения ЗУ в грунт  $t = 0,5\text{м}$ .

Устанавливаем необходимое по ПУЭ допустимое сопротивление заземляющего устройства. Контур заземления жилого дома является контуром повторного заземления PEN-проводника питающей линии, и

поэтому, согласно ПУЭ его величина не нормируется. Однако, согласно тем же правилам ПУЭ, общее сопротивление растеканию заземлителей всех повторных заземлений PEN-проводника в любое время года должно быть не более 100 Ом при линейном напряжении 380В источника трехфазного тока.

Окончательно принимаем:

$$R_{\text{и}} = 100 \text{ Ом};$$

Определяем расчётное удельное сопротивление грунта с учётом коэффициента сезонности  $K_{\text{сез}} = 1,5$

$$R_{\text{уд}} = \frac{R_{\text{и}}}{K_{\text{сез}}} = \frac{100}{1,5} = 66,67 \text{ Ом} \cdot \text{м}. \quad (112)$$

Определяем расчетное сопротивление одного вертикального электрода

$$R_{\text{в}} = \frac{R_{\text{уд}}}{L} = \frac{66,67}{2} = 33,33 \text{ Ом}. \quad (113)$$

Выбираем отношение  $a/L = 1$ , откуда для  $N_{\text{э}} = 4$  и контурного ЗУ определяем

$$\eta_{\text{э}} = 0,69;$$

Определяем длину горизонтального заземлителя (полосы)

Так как отношение  $a/L = 1$ , то расстояние между вертикальными электродами  $a = 1 \times L = 1 \times 2 = 2 \text{ м}$ , откуда длина полосы для контурного ЗУ

$$L_{\text{г}} = 4a = 4 \times 2 = 8 \text{ м}. \quad (114)$$

Определяем коэффициент использования горизонтального заземлителя

Для контурного ЗУ при  $N_{\text{э}} = 4$  и  $a/L = 1$   $\eta_{\text{г}} = 0,45$

Определяем коэффициент сезонности для горизонтального заземлителя

Для климатической зоны III  $K_{\text{сез.г.}} = 2,3$

Определяем сопротивления электродов:

Сопротивление вертикальных электродов

$$R_{\text{в}} = \frac{R_{\text{уд}}}{L} = \frac{66,67}{2} = 33,33 \text{ Ом}. \quad (115)$$

Сопротивление горизонтального заземлителя (полосы)

$$R_{\text{г}} = \frac{R_{\text{уд}}}{L_{\text{г}} \cdot \eta_{\text{г}}} = \frac{66,67}{8 \cdot 0,45} = 18,52 \text{ Ом}. \quad (116)$$

,где  $b$  – ширина горизонтального заземлителя (полосы), м



Определяем фактическое значение контура заземления

$$R_{\text{ф}} = \frac{R_{\text{н}}}{K_{\text{сез}}}; \quad (117)$$

$$R_{\text{ф}} = \frac{10}{1,5} = 6,67 \text{ Ом}. \quad (118)$$

### 3.1.4 Расчет заземляющего устройства котельной

Выполним расчет заземляющего устройства (контура заземления) котельной. Методика расчета та же, что и в пп.10.3.1.

Для расчета ЗУ котельной используем следующие данные:

- используем только искусственные заземлители;
- тип ЗУ – рядное;
- количество вертикальных заземлителей  $N_{\text{в}} = 4$ .

Остальные данные для расчёта те же, что и в пп.10.3.1.

Устанавливаем необходимое по ПУЭ допустимое сопротивление заземляющего устройства:

$$R_{\text{н}} = 10 \text{ Ом}.$$

Определяем расчётное удельное сопротивление грунта с учётом коэффициента сезонности  $K_{\text{сез}} = 1,5$ .

$$R_{\text{н}} = \frac{R_{\text{н}}}{K_{\text{сез}}} = \frac{10}{1,5} = 6,67 \text{ Ом}; \quad (119)$$

Выбираем отношение  $a/L = 1$ , откуда по для  $N_{\text{в}} = 4$  и рядного ЗУ определяем  $\eta_{\text{в}} = 0,74$ .

Определяем длину горизонтального заземлителя (полосы);

Так как отношение  $a/L = 1$ , то расстояние между вертикальными электродами  $a = 1 \times L = 1 \times 2 = 2 \text{ м}$ , откуда длина полосы для рядного ЗУ

$$L_{\text{г}} = \frac{a}{\eta_{\text{в}}} = \frac{2}{0,74} = 2,71 \text{ м}; \quad (120)$$

Определяем коэффициент использования горизонтального заземлителя

Для рядного ЗУ при  $N_{\text{в}} = 4$  и  $a/L = 1$   $\eta_{\text{г}} = 0,77$ .

Определяем коэффициент сезонности для горизонтального заземлителя

Для климатической зоны III  $K_{\text{сез.г.}} = 2,3$ .

Определяем сопротивления электродов;

Сопротивление вертикальных электродов

$$R_{\text{в}} = \frac{r_{\text{в}}}{L_{\text{в}}} = \frac{18}{494} \approx 0,036 \text{ Ом} \quad (121)$$

Сопротивление горизонтального заземлителя (полосы);

$$R_{\text{г}} = \frac{r_{\text{г}}}{L_{\text{г}}} = \frac{0,017}{100} = 0,00017 \text{ Ом} \quad (122)$$

Определяем фактическое значение контура заземления;

$$R_{\text{ф}} = \frac{R_{\text{в}} R_{\text{г}}}{R_{\text{в}} + R_{\text{г}}} = \frac{0,036 \cdot 0,00017}{0,036 + 0,00017} \approx 0,00017 \text{ Ом} \quad (123)$$

$$R_{\text{з}} = R_{\text{ф}} + R_{\text{к}} = 0,00017 + 0,00017 = 0,00034 \text{ Ом} \quad (124)$$

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В настоящей выпускной квалификационной работе разработана система энергоснабжения индивидуального жилого дома. В ходе работы произведен расчет электрических нагрузок, выбраны электроустановочные изделия (светильники, розетки). Произведен выбор проводов и кабелей для внешнего и внутреннего электроснабжения дома, выбраны аппараты защиты для сетей внешнего и внутреннего электроснабжения. Произведен расчет токов короткого замыкания в линиях электроснабжения, на основании которого выполнена проверка правильности выбора защитной аппаратуры. Произведен выбор средства учета электроэнергии, а также выбор автономных источников теплоснабжения (как рабочего, так и резервного). Определена категория надежности электроснабжения индивидуального жилого дома.

В выпускной квалификационной работе также отражены вопросы, касающиеся безопасности человека: электробезопасность, пожарная безопасность, безопасность жизнедеятельности. В вопросах электробезопасности обоснован выбор защитной аппаратуры линий электроснабжения с применением устройств защитного отключения (УЗО). Произведен расчет и выбор заземляющих устройств жилого дома и котельной, а также расчет и выбор молниезащиты жилого дома. В вопросах пожарной безопасности обоснован выбор марок кабелей, применяемых для системы внутреннего электроснабжения жилого дома. В разделе безопасности жизнедеятельности отражены вопросы, касающиеся правильности монтажа и эксплуатации выбранных автономных источников теплоснабжения (газового и электрического котлов).

Таким образом, задачи, поставленные в данной выпускной квалификационной работе, выполнены. Спроектированная система энергоснабжения жилого дома удовлетворяет всем требованиям действующей нормативно-технической документации с учетом требований правил безопасности.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 14254-96. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP). Введ. 01.01.1997. – Москва: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М: Изд-во стандартов, 1997

2. ГОСТ 28249-93 (2003). Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. – Введ. 01.01.95, переиздан 08.2003. – Минск: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Минск: Изд-во стандартов, 1993

3. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 01.06.2014. – Москва: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Изд-во Стандартиформ, 2014

4. ГОСТ 7.0.12-2011. Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на русском языке. Общие требования и правила. – Введ. 01.09.2011. – Москва.: Национальный стандарт Российской Федерации; Москва: Изд-во Стандартиформ, 2012

5. ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание Общие требования и правила составления. – Введ. 30.06.2004 (переиздан 01.2010).–Москва.: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Изд-во Стандартиформ, 2010

6. ГОСТ 7.32-2001. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. – Введ. 30.06.2002. – Москва.: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Изд-во Стандартиформ, 2008

7. ГОСТ 7.80-2000. Библиографическая запись. Заголовок. Общие требования и правила составления. – Введ. 01.06.2000. – Минск: Межгос.

Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; ИПК изд-во стандартов, 2000

8. ГОСТ 7.82-2001. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила составления. – Введ. 30.06.2002. – Минск: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; ИПК изд-во стандартов, 2001

9. ГОСТ Р 50345-2010. Аппаратура малогабаритная электрическая. Автоматические выключатели для защиты от сверхтоков бытового и аналогичного назначения. – Введ. 01.01.2012. – Москва.: Национальный стандарт Российской Федерации; Москва.: Изд-во Стандартиформ, 2011

10. ГОСТ Р 50571.2-94. Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики. – Введ. 10.11.1994. – Москва.: Госстандарт РФ; М.: Изд-во Стандартиформ, 2012

11. ГОСТ Р 50571.3-2009. Электроустановки низковольтные. Часть 4-41. Требования для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током. – Введ. 01.01.2011. – Москва.: Национальный стандарт Российской Федерации; Москва.: Изд-во Стандартиформ, 2011

12. ГОСТ Р 50571.11-96. Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 701. Ванные и душевые помещения. Введ. 01.01.1997. – Москва.: Госстандарт РФ; М.: Изд-во Стандартиформ, 2012

13. ГОСТ Р 50669-94 (ГОСТ 30339-95). Электроснабжение и электробезопасность мобильных (инвентарных) зданий из металла или с металлическим каркасом для уличной торговли и бытового обслуживания населения. Технические требования. – Введ. 01.01.1995 (переиздан в 2001 г.) – Москва.: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва.: Изд-во стандартов, 1995

14. ГОСТ Р 51326.1-99. Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения без

встроенной защиты от сверхтоков. – Введ. 30.06.2000. – Москва.: Госстандарт РФ; Москва.: Изд-во Стандартиформ, 2010 – 86 с.

15. ГОСТ Р 51327.1-2010. Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения со встроенной защиты от сверхтоков. – Введ. 30.10.2010. – Москва.: Национальный стандарт Российской Федерации; Москва.: Изд-во Стандартиформ, 2011 – 100 с.

16. ГОСТ Р МЭК 60755-2012. Общие требования к защитным устройствам, управляемым дифференциальным (остаточным) током. – Введ. 01.01.2013. – Москва.: Национальный стандарт Российской Федерации; М.:Изд-во Стандартиформ, 2013

17. ГОСТ ИЕС 61140-2012. Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования. – Введ. 01.07.2014. Москва: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Изд-во Стандартиформ, 2014

18. Защитное заземление и зануление электрооборудования. Материалы для проектирования и рабочие чертежи. Шифр А10-93 – Москва.:ВНИПИ Тяжпромэлектропроект / под ред. гл. инженера института А.Г. Смирнова. –Москва, 1993

19. Кузилин А.В. РМ-2559 «Инструкция по проектированию учета электропотребления в жилых и общественных зданиях» / А.В. Кузилин, В.Ф. Савинкин. – Введ. 01.10.1997. – Москва: Москомархитектуры, 1997

20. Постановление правительства РФ от 25.04.2012 № 390 «О противопожарном режиме» (с изменениями № 113 от 17.02.2014, № 581 от 23.06.2014, № 201 от 6.03.2015, № 1213 от 10.11.2015). – Вступило в силу 01.09.2012. – Постановления правительства Российской Федерации. – 2012

21. Постановление правительства РФ от 04.05.2012 № 442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии»

(с изменениями № 941 от 4.09.2015). – Утвержд. 04.05.2012. – Постановления правительства Российской Федерации. – 2012

22. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск, Сиб.унив.изд-во, 2010. – 464 с., ил.

23. РД 106/4-04.14. Индивидуальный жилой дом. Раздел ЭОМ. Электроосвещение. Силовое электрооборудование. – ИП Черепанов И.В. / ГИП П.П. Киселёв. – Екатеринбург, 2015 (неопубликованная литература)

24. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. – Утвержд. 23.03.1998. – Москва: РАО «ЕЭС России»; М: «Издательство НЦ ЭНАС», 2002. – 152 с.

25. СО-153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – Введ. 30.06.2003. – Москва.: Минэнерго России, приказ № 380 от 30.06.2003

26. СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. – Введ. 01.01.2004. – Москва.: Госстрой России, 2004

27. СП 52.13330.2010. Естественное и искусственное освещение. – Введ. 20.05.2011. – Москва.: Минрегион РФ, приказ № 783 от 27.12.2010. – 74 с.

28. Техническая коллекция Schneider Electric. Выпуск № 11 «Проектирование электроустановок квартир с улучшенной планировкой и коттеджей». Компания «Schneider Electric». – октябрь, 2007. – 240с., ил.

29. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – Москва.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004. – 214 с., ил.

30. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электро- снабжению. – 2-е изд. – Москва.: ФОРУМ, 2011 – 136с.

31. АО «Электротехнические заводы «Энергомера»// каталог продукции 2015 года [электронный ресурс]. – URL: <http://www.energomera.ru>

32. Группа компаний ИЕК//каталог продукции 2015 года [электронный ресурс]. – URL: <http://www.iek.ru/products/catalog>

33. Интернет-магазин печей и отопительного оборудования //каталог 2015 года [электронный ресурс]. – URL: <http://www.pechi96.ru>

34. Компания «Инженерный центр «Хитинг-Системс». Отопительное оборудование//каталог 2015 года [электронный ресурс]. – URL: <http://www.Bosh-systems.ru>

35. Энергетика. Оборудование. Документация.//Оборудование // ВЛ и провода [электронный ресурс]. – URL: <http://www.forca.ru>



ПРИЛОЖЕНИЕ А  
Схемы электрические  
ПРИЛОЖЕНИЕ А.1

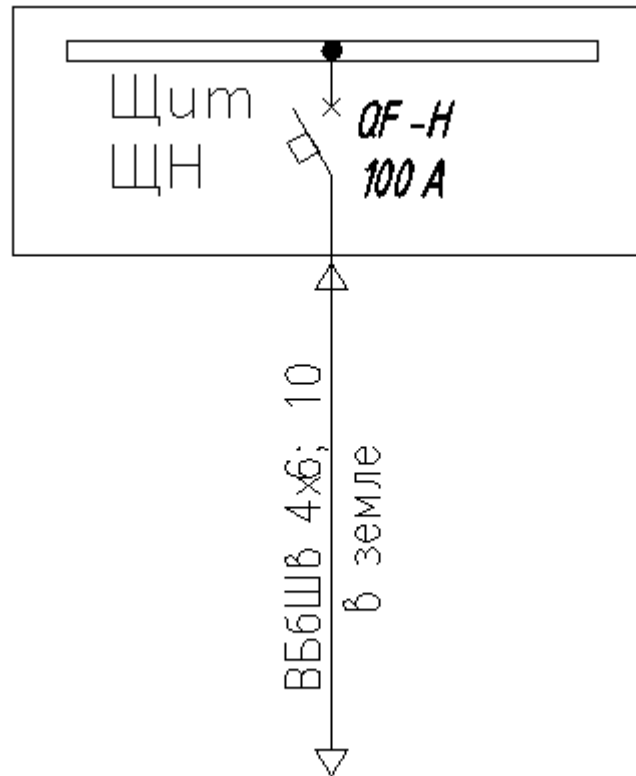
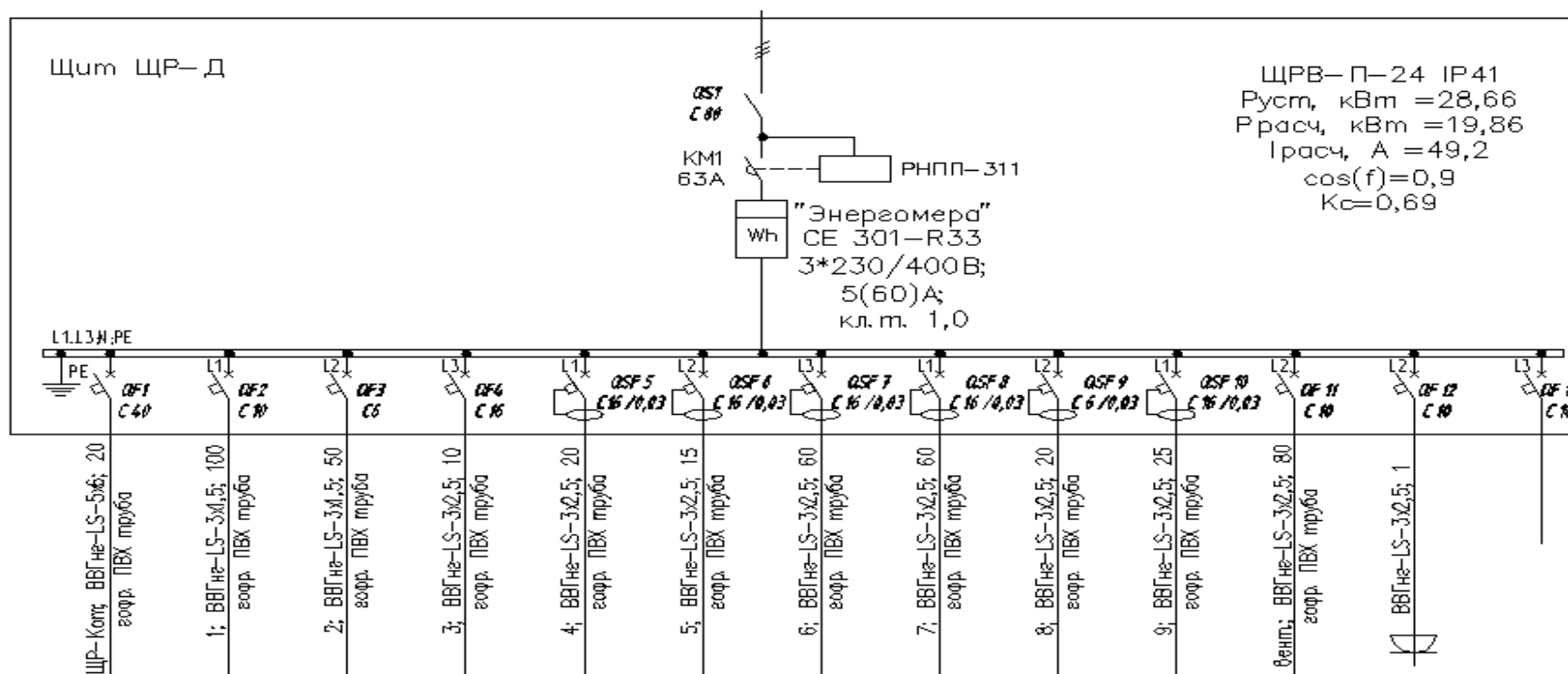


Рисунок А.1 – Схема электрическая щита подключения дома ЩН, установленного на опоре 0,4 кВ.

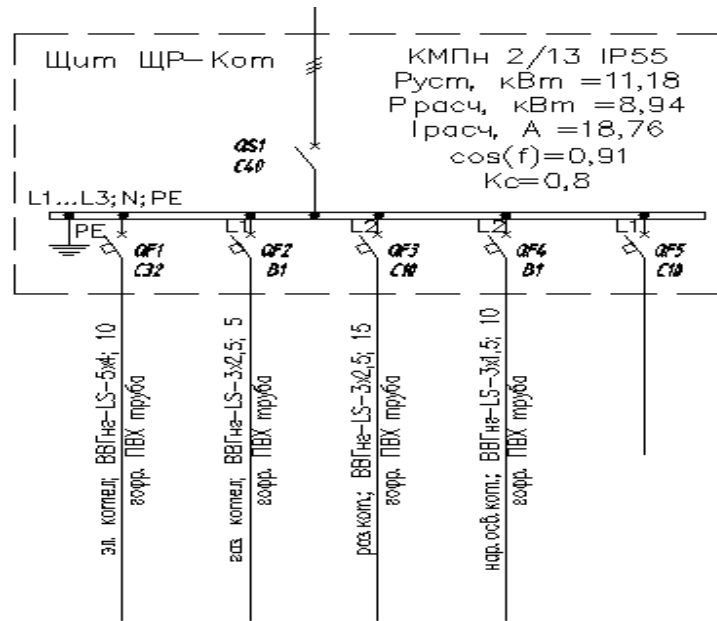
## ПРИЛОЖЕНИЕ А.2



Обозначение	ЩР-Котл	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Вент.	Розетка	Резерв
$P_u$ , кВт	11,18	2,38	1,20	2,2	2,0	2,2	2,0	1,9	1,0	1,6	1,0		
$P_p$ , кВт	8,94	2,38	1,20	1,1	1,0	1,1	1,2	1,14	0,5	0,8	0,5		
$I_p$ , А	18,76	3,62	1,83	3,52	3,58	4,18	3,58	3,40	1,79	3,04	1,9		
$\cos(\varphi)$	0,91	1,0	1,0	0,95	0,85	0,8	0,85	0,85	0,85	0,8	0,8		
Наименование	Щит котельной	Освещение 1 этажа	Освещение 2 этажа	Духовой шкаф	Розетки кухни	Посудомоечная машина	Розеточная сеть 1 этажа	Розеточная сеть 2 этажа	Розеточная сеть вход/выход	Розеточная сеть ванная 2 этаж	Система вентиляции		

Рисунок А.2 – Схема электрическая щита дома ЩР-Д

### ПРИЛОЖЕНИЕ А.3



Обозначение	эл. котел	газ котел	роз. кот.	нар. осв.	Резерв
$P_u$ , кВт	9,0	0,12	2,0	0,06	
$P_p$ , кВт	7,2	0,1	1,6	0,04	
$I_p$ , А	14,41	0,2	4,06	0,09	
$\cos(\varphi)$	0,95	0,9	0,75	1,0	
Наименование	Электрич. котел (резервный)	Газовый котел	Розетки насосов котельной	Наружное освещение	

Рисунок А.3 – Схема электрическая щита котельной ЩР-Кот

ПРИЛОЖЕНИЕ Б: План расположения сети освещения

ПРИЛОЖЕНИЕ Б1

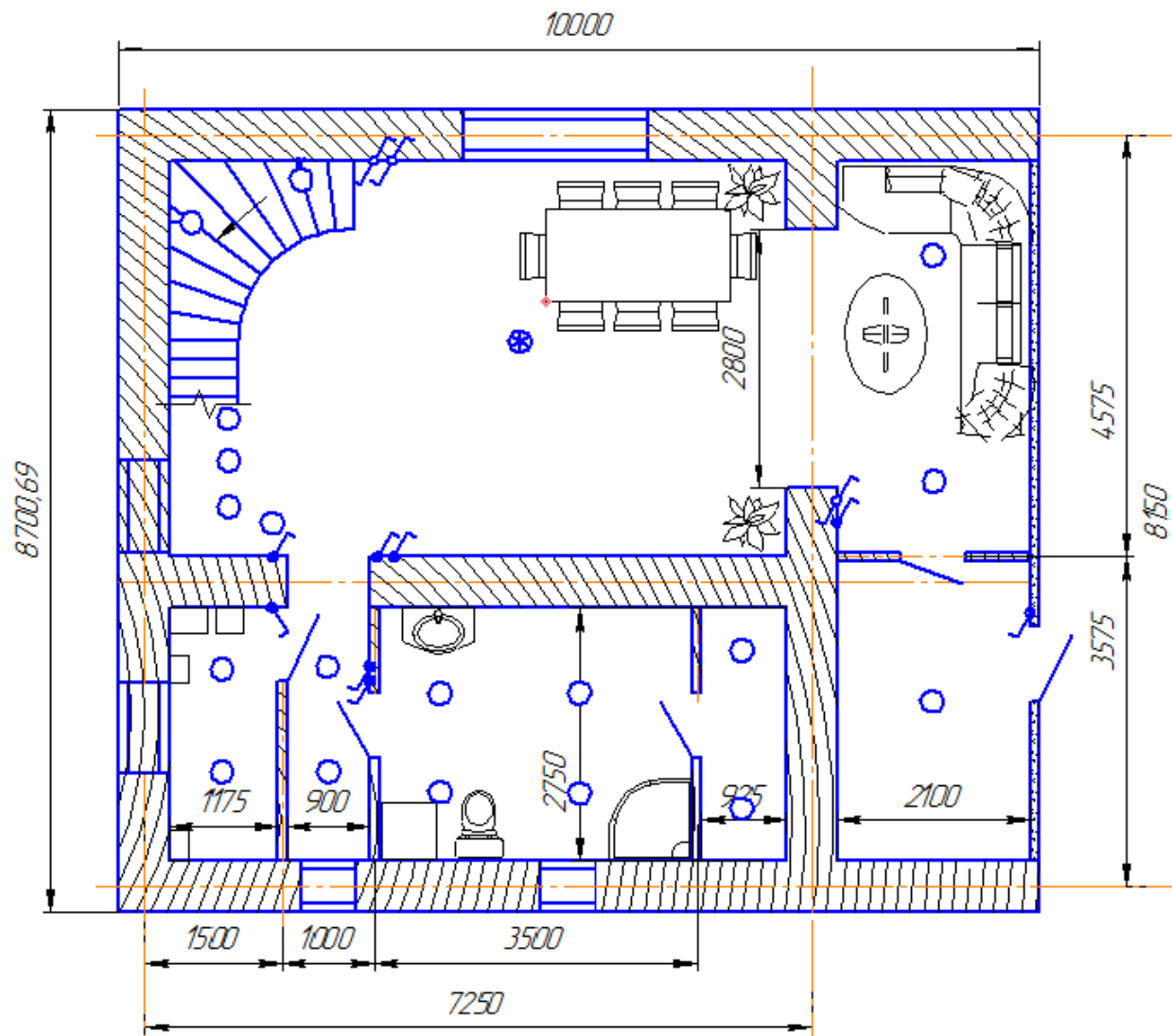


Рисунок Б.1 – План расположения выключателей и освещения первого этажа

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.2

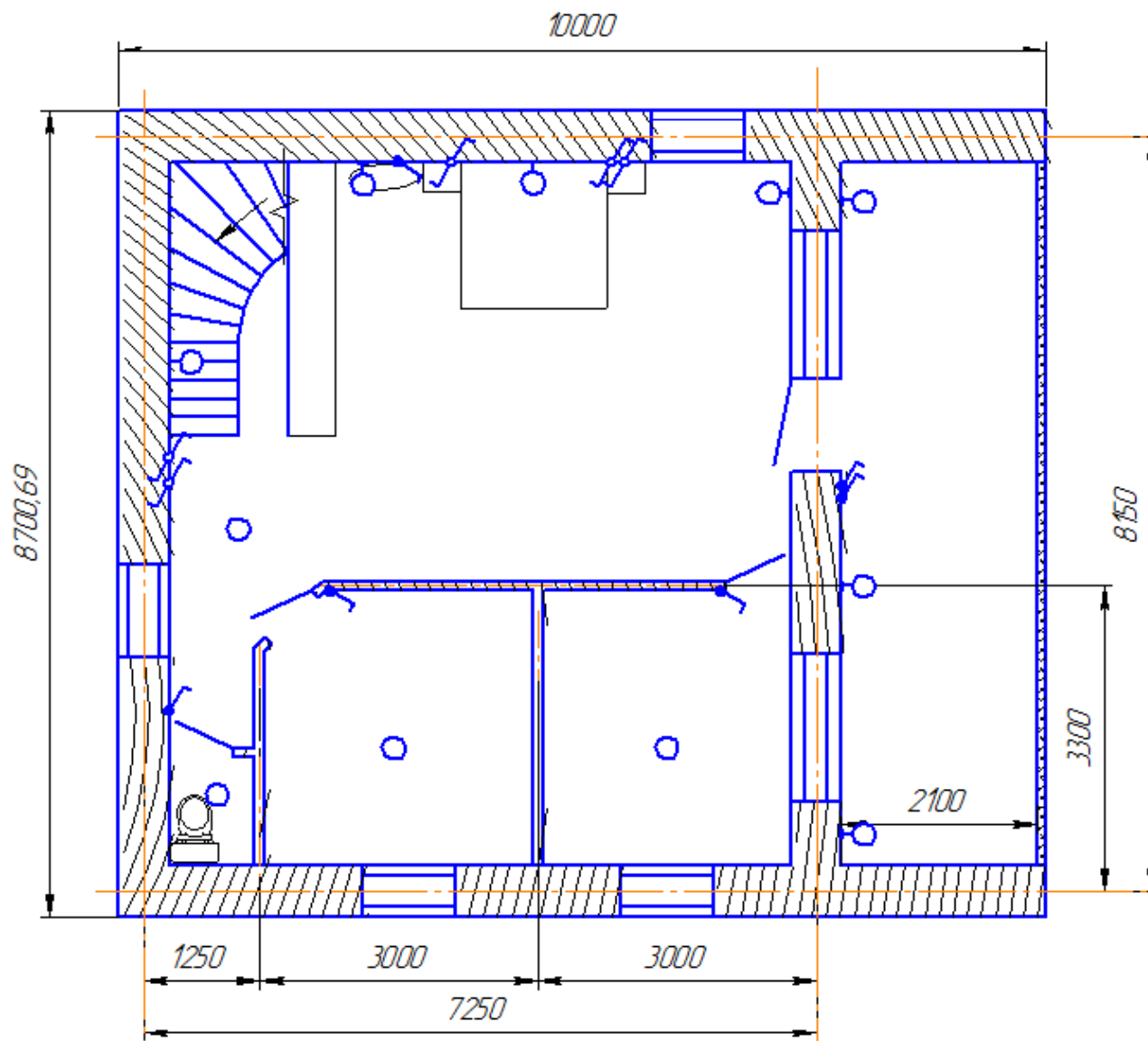
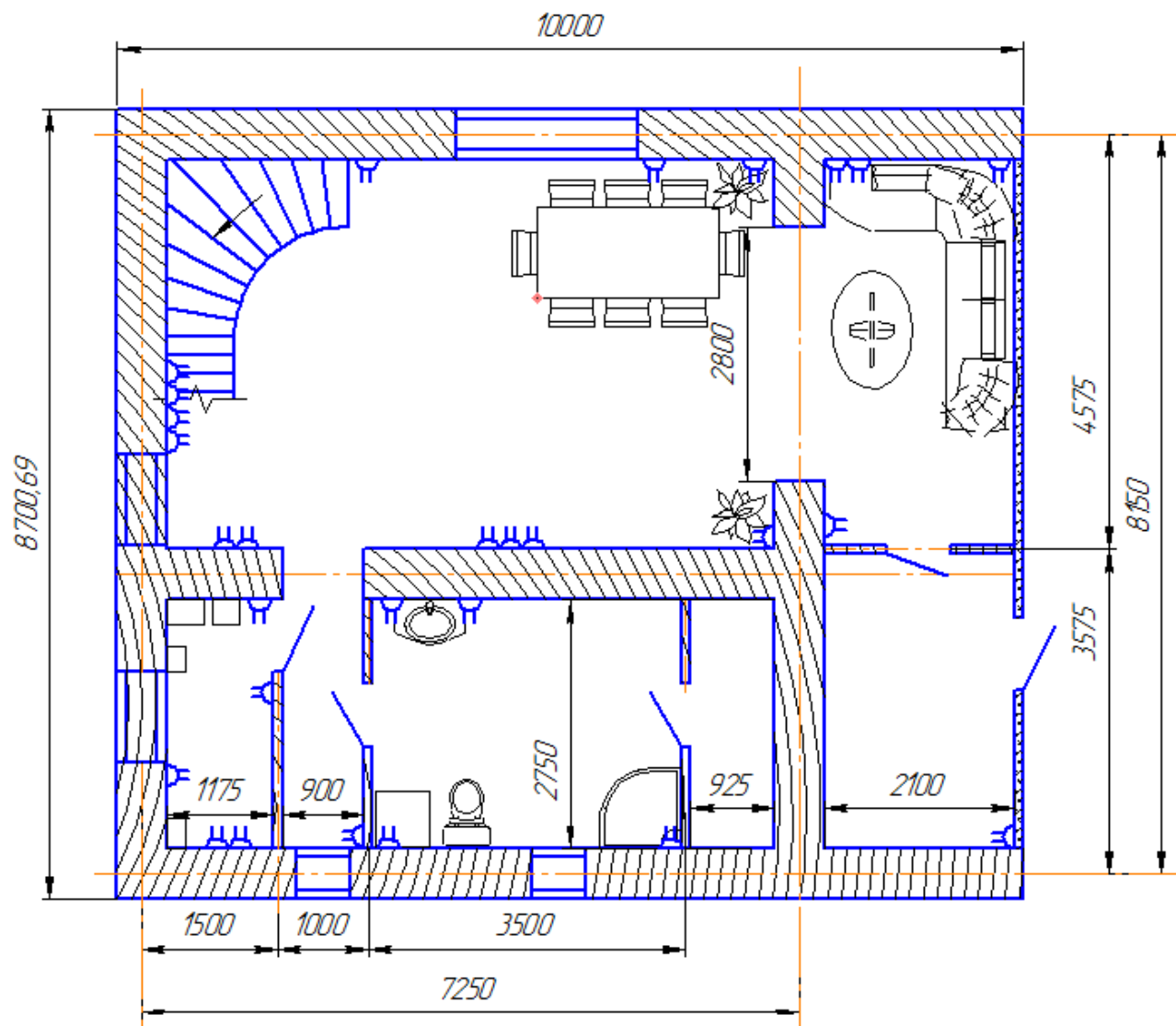


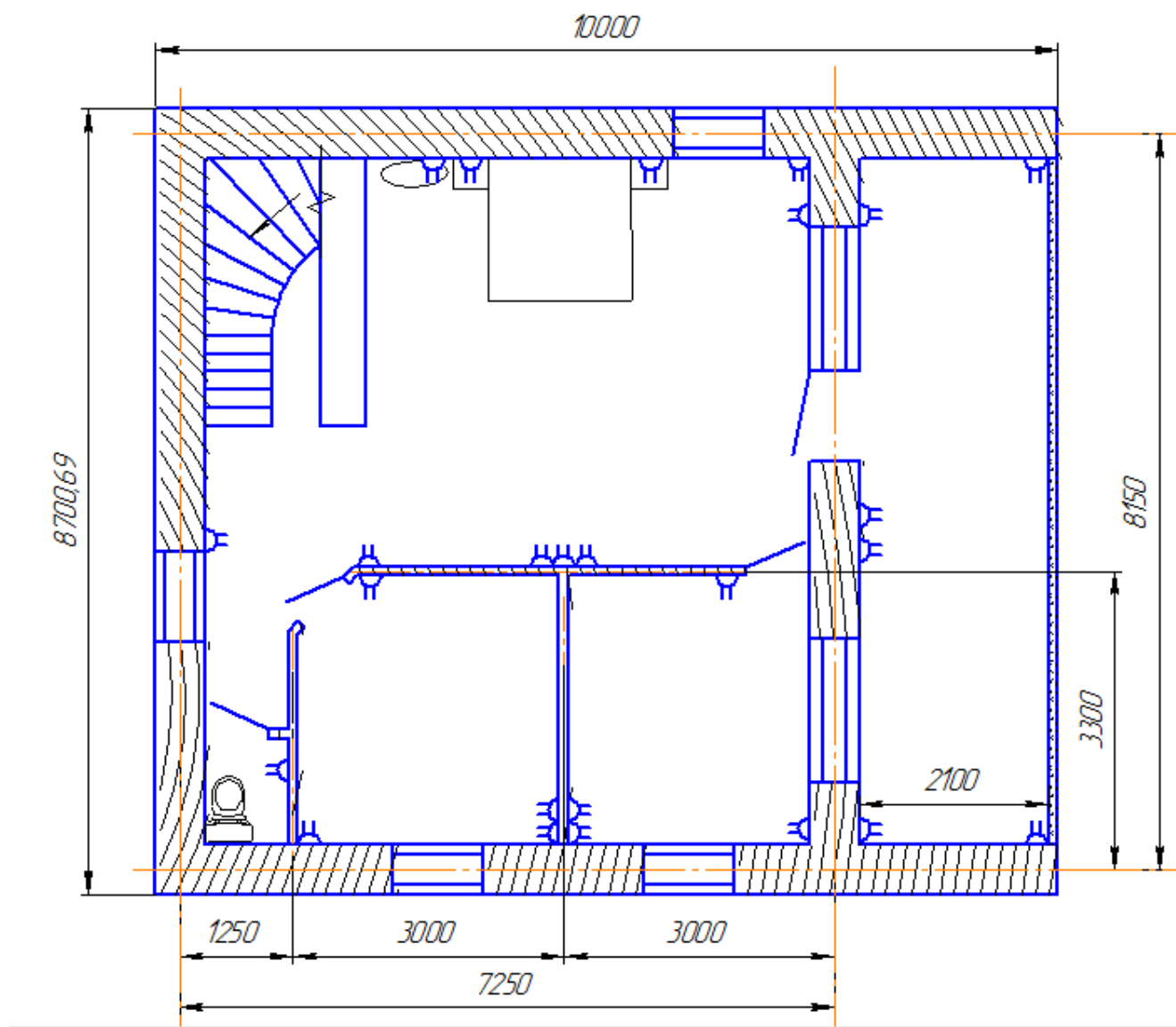
Рисунок Б.2 – План расположения выключателей и освещения второго этажа

ПРИЛОЖЕНИЕ В 1



В.1 – План расположения розеток первого этажа

ПРИЛОЖЕНИЕ В.2



В.2 – План расположение розеток второго этажа



