

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

## **РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КОТТЕДЖА**

Выпускная квалификационная работа бакалавра  
по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение  
(по отраслям)  
профилю подготовки «Энергетика»  
специализации «Энергохозяйство предприятий, организаций, учреждений и  
энергосберегающие технологии»

Идентификационный код ВКР: 640

Екатеринбург 2018

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

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующая кафедрой ЭТ  
\_\_\_\_\_ А.О. Прокубовская  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

### **РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КОТТЕДЖА**

Исполнитель:  
студент(ка) группы ЗЭС-404С \_\_\_\_\_ Д.А. Гатыч

Руководитель:  
старший преподаватель кафедры ЭТ \_\_\_\_\_ Ю.А. Юксеев

Нормоконтролер:  
ст. преподаватель кафедры ЭТ \_\_\_\_\_ Т.В. Лисков

Екатеринбург 2018

## **АННОТАЦИЯ**

Выпускная квалификационная работа выполнена на 55 страницах, содержит 7 рисунков, 10 таблиц, 29 источников литературы, а также 5 приложений на 7 страницах.

Ключевые слова: ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, КОТТЕДЖ, ЭНЕРГЕТИКА.

Гатыч Д. А. Разработка проекта системы электроснабжения коттеджа: выпускная квалификационная работа / Д. А. Гатыч; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т инж.-пед. образования, Каф. энергетики и транспорта. – Екатеринбург, 2018. – 55 с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы Разработка проекта системы электроснабжения коттеджа.

2. Цель работы: спроектировать систему энергоснабжения коттеджа.

3. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы выполнен расчет электрических нагрузок коттеджа, выбраны провода и кабельные линии для внешних и внутренних электропроводок, произведен расчет и выбор устройств защитной аппаратуры, произведен расчет заземляющего устройства и выбор молнии защиты, выбран источник теплоснабжения.

4. В работе было выбрано современное оборудование с применением надежных средств защиты от поражения электрическим током. Материалы, которые используются в проекте обладают высокими характеристиками, длительными сроками службы и просты в эксплуатации.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	7
2 ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАМ СОВРЕМЕННЫХ КОТТЕДЖЕЙ	11
2.1 Расчет нагрузок и выбор основного оборудования	11
2.1.1 Электрическое освещение	13
2.1.2 Электротехническая часть	14
2.1.3 Расчет электрических нагрузок	15
2.1.4 Общие принципы выбора проводов и кабелей	19
2.1.5 Выбор сечения токопроводящих жил и марок кабелей	20
2.1.6 Проверка проводников по потере напряжения	24
2.1.7 Общие принципы выбора защитной аппаратуры	27
2.1.8 Расчет и выбор аппаратов защиты	28
2.1.9 Расчет аппаратуры и линии внешнего электропитания	31
2.1.10 Основные принципы учета электроэнергии	33
2.1.11 Учет электроэнергии индивидуальных жилых домов	34
2.1.12 Основные требования к установке приборов учета	35
2.1.13 Выбор счетчика электрической энергии	36
2.2 Выбор источника теплоснабжения	38
2.2.1 Составление сметы на установку газового котла	38
3 РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ КОТТЕДЖА	39
3.1 Защитное заземление и уравнивание потенциалов	43
3.2 Расчет заземляющего устройства коттеджа	45
3.2.1 Расчет заземляющего устройства котельной	47

4	ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ КОТЛА ВАХІ ЕСО	
FOUR 1.14F		49
4.1	Подготовка к установке	49
4.2	Подготовка к первому пуску	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		51
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ		52
Приложение А		56
Приложение Б		57
Приложение В		58
Приложение Г		60
Приложение Д		62

## **ВВЕДЕНИЕ**

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

Важнейшим условием реализации комфортности является оснащение коттеджа 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.

Очень часто при строительстве коттеджей совершается ошибка, заключающаяся в недостаточном внимании к составлению проекта электроснабжения. Осуществляя проектирование строительства частного дома, об электрике либо забывают, либо не уделяют этому вопросу должного внимания.

Проектные работы по электро-обеспечению дома должны осуществляться вместе с проектированием всего дома. Уже на этом этапе следует предусмотреть расположение электробытовых приборов, розеток, светильников и спроектировать систему освещения участка, подсветки фасада, а также декоративных ландшафтных элементов.

Большинство владельцев коттеджей живут в них круглый год. Естественно, без электроснабжения сделать это будет невозможно. От этого зависит насколько высоким будет уровень комфорта. Проводка должна монтироваться так, чтобы вся сеть без труда выдерживала высокие нагрузки и

скачки напряжения. Не стоит забывать и том, что в любом случае придется подключать бытовую технику, ибо без нее жизнь невозможна.

*Объектом исследования* является коттедж.

*Предметом исследования* является электрооборудование коттеджа.

*Цель работы* - выполнить проект энергоснабжения коттеджа.

*Задачи:*

- произвести расчет электрических нагрузок коттеджа;
- выбрать провода и кабельные линии для внешних и внутренних электропроводок;
- произвести расчет и выбор устройств защитной аппаратуры;
- произвести расчет заземляющего устройства;
- произвести расчет и выбор молниезащиты;
- выбрать источник теплоснабжения коттеджа.

## 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В выпускной квалификационной работе требуется рассчитать энергоснабжение двухэтажного коттеджа с газовой плитой и газовым отоплением, площадь под здание - 135 м<sup>2</sup>, общая площадь всех помещений – 166 м<sup>2</sup>.

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

В коттедже находится собственная котельная. Электроснабжение котельной осуществляется от отдельного щита, подключенного к электрощиту коттеджа.

Отопление коттеджа 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 чернозем.

Проектируемый коттедж представляет собой двухэтажное строение без подвального помещения. Планировка проектируемого коттеджа показана рисунках 1 и 2.

На первом этаже расположены котельная, прихожая, кабинет, гостиная, столовая, кухня, санузел.

На втором этаже расположены три спальни, холл, санузел и лоджия.



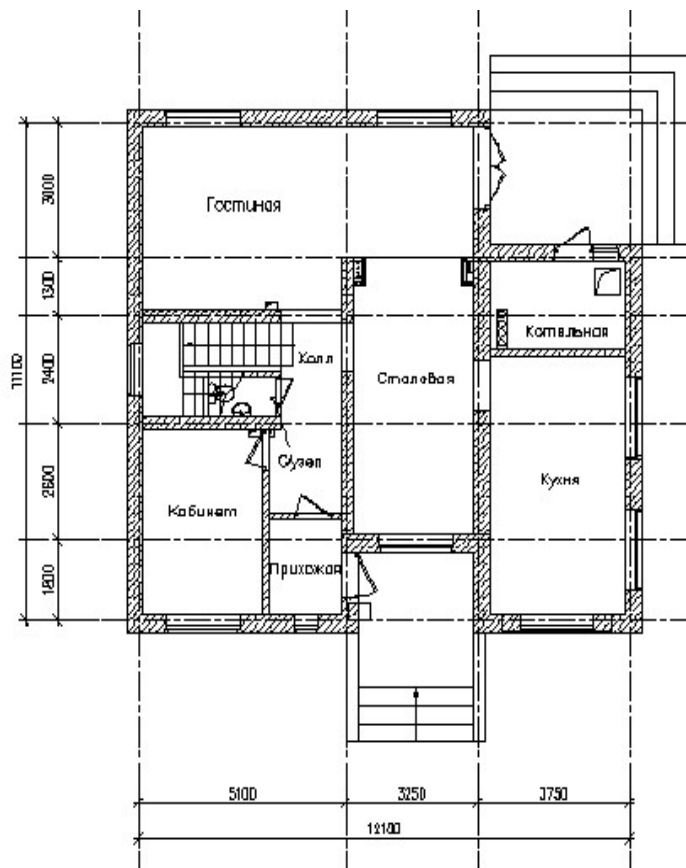


Рисунок 1 – План первого этажа

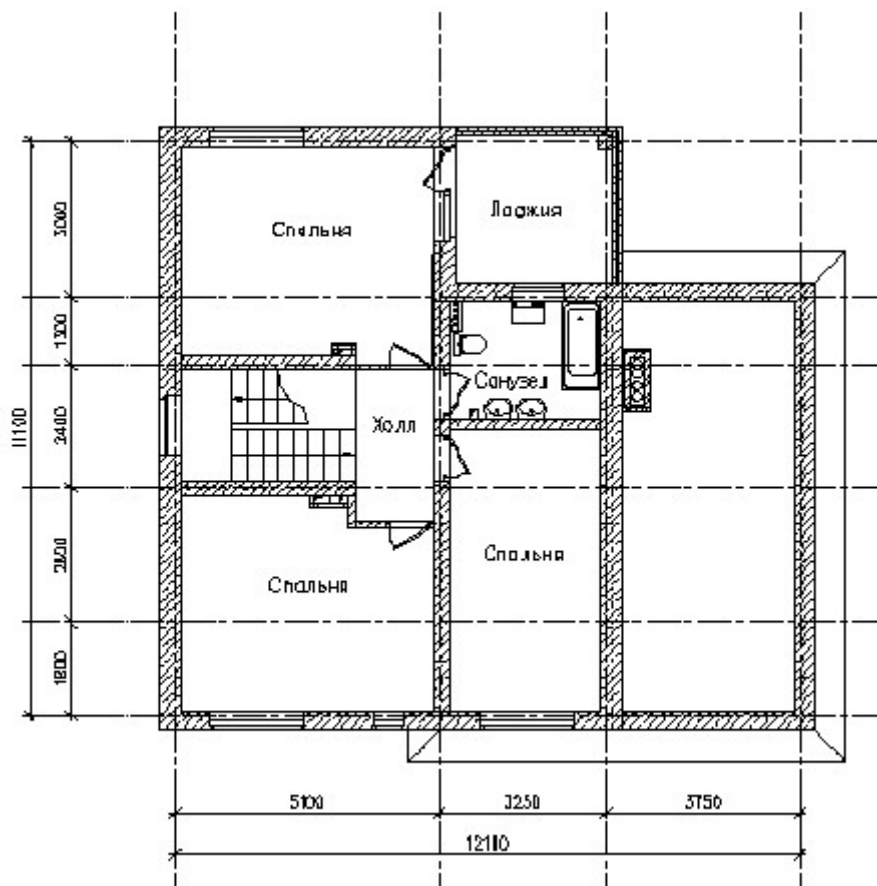


Рисунок 2 – План второго этажа

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

В таблице 1 и 2 представлено техническое задание на проектирование электрооборудования коттеджа, согласованное с заказчиком.

Таблица 1 – Техническое задание на проектирование электрооборудования первого этажа

Потребители электроэнергии	Помещения 1 этажа									
	вход	прихожая	холл	кабинет	столовая	гостиная	кухня	санузел	терраса	Котельная
Электрическое освещение, кВт	0,06	0,1	0,1	0,3	0,3	0,75	0,6	0,1	0,06	0,072
Число розеток на ток 10(16)А	1	-	1	2	3	3	6	-	1	7
Холодильник с морозильной камерой	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Духовой шкаф	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Посудомоечная машина	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Микроволновая печь	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Вытяжной вентилятор	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
Домашний кинотеатр	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Персональный компьютер	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Газовый котел, кВт	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,12

Таблица 2 – Техническое задание на проектирование электрооборудования второго этажа

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	-	2	2	3	1	-
Телевизор	-	+	+	+	-	-
Персональный компьютер	-	+	+	+	-	-
Стиральная машина	-	-	-	-	+	-

## **2. ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАМ СОВРЕМЕННЫХ КОТТЕДЖЕЙ**

### **2.1 Расчет нагрузок и выбор основного оборудования**

Основные требования к электроустановкам 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, электро-, пожаробезопасности и экономичности электроустановок при соблюдении условий комфортного проживания людей.

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

Электроснабжение 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 коттеджа или в постройках на приусадебных участках различаются 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).

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 коттедже важную роль играет знание режимов работы бытовых потребителей. В таблице 3 приведены данные, характеризующие режимы работы бытовых электроприборов.

Таблица 3 – 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, теле-радиоаппаратура, 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;	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.	

## 2.1.1 Электрическое освещение

Освещение является одним из важнейших факторов, характеризующих комфортность коттеджа. 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 жилых помещений, кухни, гостиной, столовой приняты трехламповые люстры со степенью защиты IP-20 с светодиодными лампами 10Вт каждая;
- для бокового освещения кухни и гостиной выбраны настенные одноламповые светильники со степенью защиты IP-20 с светодиодными лампами 7Вт;
- для освещения прихожей, холла, лестницы выбраны потолочные одноламповые светильники со степенью защиты IP-20 со светодиодными лампами 10Вт;
- для освещения санузла первого этажа выбран одноламповый потолочный светильник со степенью защиты IP-20 с светодиодной лампой 10Вт, для освещения санузла второго этажа выбраны четыре точечных потолочных светильника со степенью защиты IP-44 с светодиодными лампами 5Вт;
- для освещения входа, террасы и лоджии выбраны одноламповые потолочные светильники со степенью защиты IP-44 и климатического исполнения УХЛ2 с светодиодными лампами 10Вт;
- для освещения котельной выбран один потолочный светильник со степенью защиты IP-44 с двумя люминесцентными лампами мощностью 15Вт.

## 2.1.2 Электротехническая часть

Для питания светильников 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, установленной 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 1-1,2м;

- 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 1-1,2м;

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

- напряжение рабочего освещения 220В.

В коттедже предусмотрена установка встраиваемых 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 встраиваемых розеток со степенью защиты не ниже IP-44. Розеточная сеть защищена от токов утечки установкой дифференциальных автоматов на ток утечки 30мА.

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 таблиц 1 и 2. Для этого составляется сводная ведомость нагрузок (таблица 4) по коттеджу 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  $P_H$

$$K_{и} = P / P_H. \quad (2)$$

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 однофазные, а питающая сеть трехфазная, то расчетный ток (А) для каждого электроприёмника определяется по формуле:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot \cos \varphi}. \quad (6)$$

Величина максимального расчетного тока для каждого электроприёмника определяется по формуле:

$$I_p = \frac{P_y}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{P_y}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot \cos \varphi}. \quad (7)$$

Для группы электроприёмников:

- коэффициент спроса

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

где  $\Sigma P_y$  - коэффициенты мощности

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

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

Таблица 4 – 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
					$\cos\varphi$	$tg\varphi$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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	0,12	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 (терраса)	1	0,06	0,6	1,0	0	0,04	0	0,04	0,06	0,09
	ИТОГО по ЩР-коттеджа	-	11,18	0,8	0,91	0,46	8,94	3,84	9,86	15,01	18,76
ЩР-Д											
QF1	ЩР-коттеджа	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

Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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	Розетки стиральной машины (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 ЦР-Д	-	28,66	0,69	0,90	0,48	19,86	8,39	22,13	33,65	49,20

## 2.1.4 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 коттеджей 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:

- 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);
- категории помещений (сухие, влажные, сырые, особо сырые, особо сырые с химически активной средой);
- 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);
- 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.

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

В ПУЭ [23, пп. 7.1.34, 7.1.36] для внутренних электропроводок коттеджей предписывается использование проводов и кабелей с медными жилами, выполненными по трех- либо пяти проводной системе. В соответствии с этим, а также с учетом рекомендаций технической коллекции Schneider Electric [29, стр. 91, табл. 5.15] для внутренней электропроводки коттеджа выбираем:

- для трёхфазных электроприёмников – кабель марки ВВГнгLS с пятью медными жилами, характеризующийся по изоляции как «винил-винил-голый», 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 [31, табл. 3.1.2], выбираем кабель с медными жилами марки ВБШв.

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

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

где  $I_{д.н}$  - допустимый номинальный ток нагрузки проводника при расчетной

температуре, (для отечественных кабелей +25<sup>0</sup>С);

$I_{р.маx}$  - максимальный расчетный ток нагрузки.

В реальных условиях при прокладке внутри коттеджа 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:

$$I_{д.н} \geq \frac{I_{р.маx}}{K_1 K_2 K_3} , \quad (12)$$

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:

$$I_{д.н} \geq \frac{I_{р.маx}}{\beta_1 \beta_2 \beta_3 \beta_4} , \quad (13)$$

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.

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

Производим выбор коэффициентов:

- для кабелей в поливинилхлоридной изоляции при  $t_{o.c.}=+40^{\circ}\text{C}$   $K_1 = 0,79$  [29, стр. 81, табл. 5.3], а при  $t_{o.c.}=+25^{\circ}\text{C}$   $K_1 = 1,0$  [29, стр. 81, табл. 5.3];

- для кабелей в трубах, проложенных в термоизолирующем материале (штукатурке)  $K_2 = 0,77$  [29, стр. 81];

- для одного кабеля, проложен в стене  $K_3 = 1,0$  [29, стр. 81, табл. 5.4]; - для двух кабелей, проложен в стене  $K_3 = 0,8$  [29, стр.81,табл.5.4];

- для кабелей в поливинилхлоридной изоляции при температуре почвы  $t_{п.}=+15^{\circ}\text{C}$   $\beta_1 = 1,05$  [29, стр. 83, табл. 5.5];

- для кабелей, непосредственно проложенных в земле  $\beta_2 = 1,0$  [29, стр. 83];

- для одного кабеля, проложенного в монолите в один слой  $\beta_3 = 1,0$  [29, стр. 83];

- для очень сухой почвы проложен  $\beta_4 = 0,86$  [29,стр.84].

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

- для проводников котельной

$$I_{\text{см}} \geq \frac{I_{p.\text{max}}}{0,79 \cdot 0,77 \cdot 1,0}; \quad (14)$$

- для проводников коттеджа

$$I_{\text{см}} \geq \frac{I_{p.\text{max}}}{1,0 \cdot 0,77 \cdot 0,8}; \quad (15)$$

- для кабеля внешнего электроснабжения

$$I_{\text{дм}} \geq \frac{I_{p.\text{max}}}{1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,86}. \quad (16)$$

Произведем расчет и выбор проводников по полученным формулам. Максимальный расчетный ток нагрузки  $I_{p.\text{max}}$  определяем по таблице 3.

Сечения проводников определяем по ПУЭ [23, таблицы 1.3.4, 1.3.6]. Результаты расчетов и выбор проводников сведём в таблицу 5.

Таблица 5 - Выбор проводников

Обозначение	Потребители электроэнергии	$I_{\text{д.н}}$ , А	Марка кабеля, кол-во и сечение жил, мм <sup>2</sup>	$I_{\text{доп}}$ , А
ЩР-Кот				
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
ЩР-Д				
QF1	ЩР-коттеджа	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
ЩН				
QF-Н	ЩР-Д	54,49	ВББШв 4x6	60



### 2.1.6 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

$$\Delta U = \frac{2 \cdot I_{p.\max} \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \cdot 100}{U_n}; \quad (17)$$

- для симметричной трёхфазной сети

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{p.\max} \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \cdot 100}{U_n}, \quad (18)$$

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 коттеджей или кабелями, если их сечения не превосходят  $25\text{мм}^2$  [29, стр. 85, табл. 5.6].

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

- для однофазной сети

$$\sqrt{U} = \frac{2 \cdot I_{p.\max} \cdot R \cdot \cos \varphi \cdot 100}{U_n}; \quad (19)$$

- для симметричной трёхфазной сети

$$\sqrt{U} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{p.\max} \cdot R \cdot \cos \varphi \cdot 100}{U_n}. \quad (20)$$

Активное сопротивление проводников (Ом) определяется по формуле:

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

где  $l$  - удельное сопротивление проводника,  $\text{Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ , для медных проводников  $\rho_{\text{м}} = 0,0189 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$  [29, стр. 85];

$l$  - длина проводника, м;

$R$  - сечение проводника,  $\text{мм}^2$

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

$$\sqrt{U} \leq \sqrt{U}_{\text{доп}}, \quad (22)$$

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

Для двигателей и аппаратов управления нормально допустимое отклонение напряжения составляет  $\pm 5\%$ , предельно допустимое -  $\pm 10\%$ ; для источников света нормально допустимое отклонение напряжения составляет  $\pm 5\%$  [29, стр. 86, табл. 5.9]. Данные заносим в таблицу 6.

Таблица 6 - Потери напряжения в кабельных линиях коттеджа

Обозначение	Потребители электроэнергии	Марка кабеля	Длин	Активные	Отклонение напряжения $\Delta U$ , %	Соответствие

			а l, м	сопр отив лени е R, Ом	Расче тное $\Delta U$	Нормально допустимое $\Delta U_{доп.}$	условию $\Delta U < \Delta U_{доп.}$
1	2	3	4	5	6	7	8
ЩН							
QF-H	ЩР-Д	ВВ6ШВ 4x6	10	0,0316	0,64	5	Соотв.

Окончание таблицы 6

ЩР-Д							
1	2	3	4	5	6	7	8
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 машины (ванная 2 этаж)	ВВГнг-LS 3x2,5	25	0,189	0,42	5	Соотв.
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-коттеджа							
QF1	Электрический котел	ВВГнг-LS 5x4	10	0,046 5	0,29	5	Соотв.
QF2	Газовый котел	ВВГнг-LS 3x1,5	5	0,063	0,02	5	Соотв.
QF3	Розетки насосов	ВВГнг-LS	15	0,113	0,31	5	Соотв.

		3x2,5					
QF4	Наружное освещение	ВВГнг-LS 3x1,5	10	0,126	0,01	5	Соотв.

### 2.1.7 Общие принципы выбора защитной аппаратуры

Любое электрооборудование должна быть защищена устройствами автоматического отключения в случае появления сверхтоков или недопустимых токов утечки. Под сверхтоком понимается любой ток, превышающий номинальный. Обычно сверхтоки появляются при перегрузке или короткого замыкания в электроустановках.

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

Учитывая, что электрооборудование коттеджа 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 разными теплорасцепителями.

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

В соответствии с СП31-110-2003 [27] во внутренних сетях коттеджей, как правило, следует применять автоматические выключатели с *комбинированными тепловыми расцепителями.*

В бытовом электрооборудовании в целях защиты от сверхтоков используются, как правило, автоматические выключатели, выпускаемые по ГОСТ Р 50345-2010 [9].

Стандарт формирует три типа характеристик мгновенного расцепления (таблица 7): В, С и D. Ниже приведены диапазоны мгновенного расцепления выключателя в зависимости от кратности сверхтока по отношению к номинальному току  $I_n$ .

Таблица 7 – Типы защитной характеристики.

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 электрооборудовании коттеджа 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.

### 2.1.8 Расчет и выбор аппаратов защиты

Все защитные устройства, защищающее кабель от перегрузки, должны 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 коттедже в качестве устройств защиты приняты автоматические и дифференциальные автоматические выключатели, то условие принимает вид:

$$I_{н.а} \geq I_{д.н} \quad , \quad (24)$$

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

В каталогах приводится номинальный ток выключателя для температуры окружающей среды  $+30^{\circ}\text{C}$ . Повышение температуры сверх  $30^{\circ}\text{C}$  приводит к преждевременному срабатыванию терморасцепителя, так как его температура достигает уровня срабатывания при меньших значениях тока. Выбор автоматических выключателей в тех случаях, когда температура окружающей среды больше или меньше  $30^{\circ}\text{C}$ , производится с использованием температурного коэффициента  $K_t$  по формуле:

$$I_{н.а} \geq I_{нр} \cdot K_{t \geq I_{сн}} \quad , \quad (25)$$

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

$$I_{н.а} \geq \frac{I_{сн}}{K_t} \quad , \quad (26)$$

где  $K_t$  - температурный коэффициент

Для выключателей электробытового назначения предполагаемые значения величины  $K_t$  в зависимости от температуры окружающей среды в месте установки приняты по [29, стр. 66] и приведены в таблице 8.

Таблица 8 - Значения температурного коэффициента  $K_t$

to.c, 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 электробытового 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  $0,8 K_t$  [29, стр. 66], откуда формула выбора автоматического выключателя принимает вид:

$$I_{н.а} \geq \frac{I_{\text{дм}}}{0,8 \cdot K_t} \quad (27)$$

Делаем 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 коттедже  $t_{o,c}=+25^{\circ}\text{C}$  (расчеты п.4.2). Выбор автоматических выключателей производим по каталогу [34, [www.iek.ru/products/catalog](http://www.iek.ru/products/catalog)] и сводим в таблицу 9.

В качестве примера делаем расчет вводного автоматического выключателя QS1 для щита котельной ЩР-Кот.:

$$I_{н.а} \geq \frac{I_{\text{дм}}}{0,8 \cdot K_t} = \frac{30,45}{0,8 \cdot 0,95} = 40 \text{ A} \quad (28)$$

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

По такому же принципу выбираются остальные автоматические выключатели щита ЩР-коттеджа и щита дома ЩР-Д.

Таблица 9 - Выбор автоматических выключателей

Обозначение	Наименование автоматического выключателя	Номинальный ток, А	Характеристика срабатывания расцепителя	Диапазон срабатывания расцепителя
ЩР-Кот				
QS1	ВА47-29 3Р	40	С	$5 I_H - 10 I_H$
QF1	ВА47-29 3Р	32	С	$5 I_H - 10 I_H$
QF2	ВА47-29 1Р	1	В	$3 I_H - 5 I_H$
QF3	ВА47-29 1Р	10	С	$5 I_H - 10 I_H$
QF4	ВА47-29 1Р	1	В	$3 I_H - 5 I_H$
ЩР-Д				
QS1	ВА47-100 3Р	80	С	$5 I_H - 10 I_H$
QF1	ВА47-29 3Р	40	С	$5 I_H - 10 I_H$
QF2	ВА47-29 1Р	10	С	$5 I_H - 10 I_H$
QF3	ВА47-29 1Р	6	С	$5 I_H - 10 I_H$
QF4	ВА47-29 1Р	16	С	$5 I_H - 10 I_H$
QSF5	АВДТ32 2Р 1+N	16	С	$5 I_H - 10 I_H$

QSF6	АВДТ32 2P 1+N	16	С	5 I <sub>н</sub> - 10 I <sub>н</sub>
QSF7	АВДТ32 2P 1+N	16	С	5 I <sub>н</sub> - 10 I <sub>н</sub>
QSF8	АВДТ32 2P 1+N	16	С	5 I <sub>н</sub> - 10 I <sub>н</sub>
QSF9	АВДТ32 2P 1+N	6	С	5 I <sub>н</sub> - 10 I <sub>н</sub>
QSF10	АВДТ32 2P 1+N	16	С	5 I <sub>н</sub> - 10 I <sub>н</sub>
QF11	ВА47-29 1P	10	С	5 I <sub>н</sub> - 10 I <sub>н</sub>
QF12	ВА47-29 1P	10	С	5 I <sub>н</sub> - 10 I <sub>н</sub>
	ЩН			
QF-H	ВА47-100 3P	100	С	5 I <sub>н</sub> - 10 I <sub>н</sub>

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.

### 2.1.9 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 находится проектируемый коттедж, а также определить сечение воздушной ЛЭП.

Для расчетов возьмем: количество коттеджей поселка, получающих электроснабжение по воздушной ЛЭП – 5 (рисунок 3), удельная электрическая нагрузка проектируемого коттеджа  $P_p = 19,86 \text{ кВт}$ , удельную электрическую нагрузку для остальных домов принимаем  $P_p = 11,5 \text{ кВт}$  [29, стр. 18, табл. 2.2].



Коэффициенты мощности для каждого коттеджа  $\cos\varphi = 0,9$  ( $\operatorname{tg}\varphi = 0,48$ ).

Определяем мощность в воздушной ЛЭП:

$$P_{BL} = \sum P_p = 19,86 + 4 \cdot 11,5 = 65,86 \text{ кВт}; \quad (29)$$

$$Q_{BL} = \sum P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi = 65,86 \cdot 0,48 = 31,61 \text{ квар}; \quad (30)$$

$$S_{BL} = \sqrt{P_{BL}^2 + Q_{BL}^2} = \sqrt{65,86^2 + 31,61^2} = 73 \text{ кВа}. \quad (31)$$

Определяем ток в воздушной ЛЭП:

$$I_{BL} = \frac{S_{BL}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{73}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 111 \text{ А}. \quad (32)$$

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

Определяем тип трансформатора, установленного на ТП-10/0,4 для электроснабжения данных пяти коттеджей посёлка. Для этого определяем потери мощности в трансформаторе по формулам из В.П. Шеховцова [30, стр.23]:

$$\Delta P_{mp} = 0,02 \cdot S_{BL} = 0,02 \cdot 73 = 1,46 \text{ кВт}; \quad (33)$$

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

$$\Delta S = \sqrt{\Delta P_{mp}^2 + \Delta Q_{mp}^2} = \sqrt{1,46^2 + 7,3^2} = 7,44 \text{ кВа}. \quad (35)$$

Определяем мощность трансформатора:

$$S = S_{BL} + \Delta S = 73 + 7,44 = 80,44 \text{ кВА}. \quad (36)$$

На определении расчетов с учетом увеличения электрической нагрузки для каждого коттеджа принимаем для данных коттеджей к установке на

трансформаторной подстанции ТП-10/0,4 трансформатор ТМ-160/10/0,4 мощностью  $S = 160\text{кВА}$ .

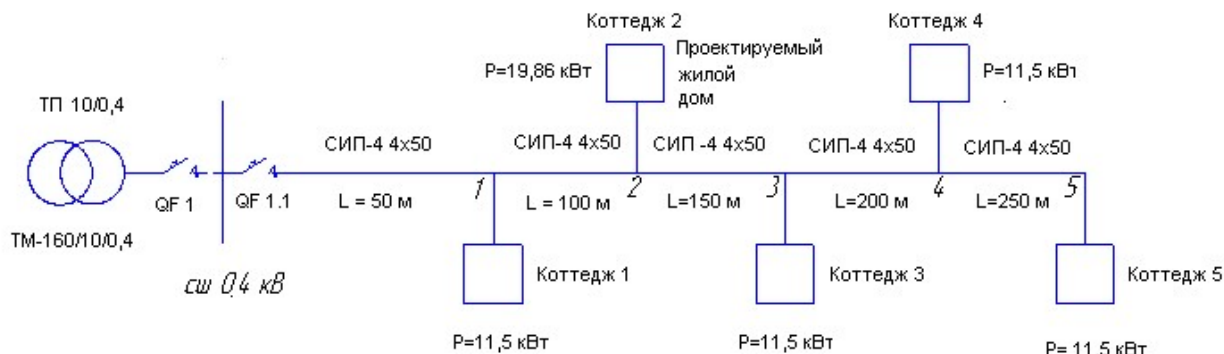


Рисунок 3 - Схема электроснабжения группы домов посёлка

Определим выбор автоматического выключателя QF1 на секцию шин НН ТП-10/0,4 согласно рисунку 3:

$$I_{QF1} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{Л}} = \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 231,2 \text{ А}. \quad (37)$$

Берем по справочнику Шеховцову [30, табл. А.6] автоматический выключатель ВА52-35-3,  $I_{н.а} = 250\text{А}$ ,  $I_{расц.} = 250\text{А}$ ,  $K_{у(тр)} = 1,25$ ,  $K_{у(эмр)} = 12$ ,  $I_{откл.} = 30\text{кА}$ .

Определяем выбор автоматического выключателя QF1.1 на линию, питающую группу коттеджей посёлка (рисунок 3). Как было рассчитано выше, ток в воздушной ЛЭП составляет  $I_{ВЛ} = 111\text{А}$ , с учетом увеличения нагрузки для каждого коттеджа по [30, табл. А.6] выбираем автоматический выключатель ВА52-33-3,  $I_{н.а} = 160\text{А}$ ,  $I_{расц.} = 125\text{А}$ ,  $K_{у(тр)} = 1,25$ ,  $K_{у(эмр)} = 10$ ,  $I_{откл.} = 35\text{кА}$ .

### 2.1.10 Основные принципы учета электроэнергии

Основным нормативным документом, регламентирующим учет электроэнергии в Российской Федерации, являются Правила учета электрической энергии [22]. Кроме этого, в отдельных регионах РФ для

отдельных категорий потребителей выпущены дополнительные инструкции, детализирующие общероссийские нормы согласно к местным условиям. Например, в г. Москве действует Инструкция по проектированию учета электропотребления в коттеджах РМ-2559 [20].

На основании указанных выше нормативных документов созданы принципы организации учета электроэнергии в коттеджах, заключаются в следующем:

- для учета электроэнергии должны использоваться средства измерений, типы которых утверждены Госстандартом России и внесены в Государственный реестр средств измерений. Список типов счетчиков, используемых для расчетов за электроэнергию и принимаемых на баланс, устанавливается энергоснабжающей организацией;

- в проекте электрооборудования на принципиальной электрической схеме для каждого абонента должны приводиться следующие данные: по категории надежности электроснабжения, об установленных мощностях, расчетных нагрузках и коэффициентах реактивной нагрузки. Если в составе потребителя имеются нагрузки, относящиеся к разным тарификационным группам, то эти данные также должны быть приведены в проекте;

- граница раздела балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности, как правило, должна устанавливаться на вводе в здание на конечниках питающих кабелей;

- при питании нагрузок коттеджа от встроенной или пристроенной трансформаторной подстанции (ТП), граница раздела с энергоснабжающей организацией формируется проектной организацией по согласованию с заказчиком и энергоснабжающей организацией;

- если в коттедже расположено несколько потребителей, обособленных в административно-хозяйственном отношении, то на каждого потребителя, в том числе арендатора, возлагаются обязанности абонента;

- при переоборудовании и при перепланировке коттеджа владелец должен обеспечить разработку проекта электрооборудования коттеджа, предварительно получив технические условия по организации учета, разрешение на использование электроэнергии для термических целей и разрешение на присоединение мощности в энергоснабжающей организации.

### **2.1.11 Учет электроэнергии индивидуальных жилых домов**

Как норма, на весь коттеджный участок, находящийся во владении одного абонента, должен быть предусмотрен один расчетный счетчик электроэнергии, устанавливаемый на вводе в коттедж. Однако возможны варианты, когда расчетный счетчик может устанавливаться отдельно на вводе в дом, гараж и т.п. Для коттеджей рекомендуется, как правило, применять трехфазный ввод с установкой трехфазного счетчика.

При наличии в коттедже нагрузки электро-отопления более 10кВт стоит устанавливать самостоятельный расчетный счетчик на данную нагрузку.

Приборы учета должны находиться в специальных шкафах заводского изготовления. Вводной щиток должен находиться на границе участка частного владения.

Разрешается размещать вводной щиток на стене коттеджа, а также внутри коттеджа, в непосредственной близости от входа по согласованию с энергоснабжающей организацией.

На вводе в коттедж или другое частное сооружение должен устанавливаться защитный аппарат, обеспечивающий защиту от сверхтоков, с номинальным током терморасцепителя, соответствующим расчетной нагрузке на вводе и разрешенной мощности на присоединение с учетом селективности.

### **2.1.12 Основные требования к установке приборов учета**

Установка приборов учета должна проводиться с учетом Правил устройства электроустановок (ПУЭ) и Инструкций энергоснабжающих организаций. Приборы учета покупаются и устанавливаются за счет потребителей и передаются на баланс энергоснабжающей организации безвозмездно.

Установка счетчиков должна выполняться на жестких основаниях щитков, на панелях ВРУ и на других конструкциях, не допускающих сотрясений и вибраций. Крепление счетчиков должно быть обеспечено с лицевой стороны.

В местах, где имеется опасность механических повреждений счетчиков или их загрязнения, или в местах, доступных для посторонних лиц, для счетчиков должен предусматриваться закрывающийся на замок шкаф с окошком для снятия показаний.

Разрешается установка счетчиков в неотапливаемых помещениях, а также в шкафах наружной установки, если условия эксплуатации счетчиков (технические характеристики) предусматривают возможность такой установки. Около каждого расчетного счетчика обязана быть гравировка о наименовании присоединения.

Трехфазные счетчики на вводах коттеджа и других частных сооружений следует, как норма, применять прямого включения.

Перед расчетными счетчиками, непосредственно включенными в сеть, на расстоянии не более 10м по длине проводки обязан быть установлен защитный аппарат, позволяющий снять напряжение со всех фаз для безопасной замены счетчиков и обеспечивающий защиту сети от перегрузки.

После счетчика обязан быть установлен аппарат защиты не далее чем на расстоянии 3м по длине электропроводки, если после счетчика на отходящих линиях или линии не предусмотрены защитные аппараты.

Если после счетчика выходят несколько линий, снабженных аппаратами защиты, установка общего аппарата защиты не требуется. Если после счетчика выходят несколько линий, снабженных аппаратами защиты, которые размещены за пределами помещения, где установлен счетчик, то после счетчика обязан быть установлен общий отключающий аппарат.

### **2.1.13 Выбор счетчика электрической энергии**

Основным элементом, обеспечивающим учет электроэнергии, является счетчик электрической энергии.

*Счетчик электрической энергии* - интегрирующий по времени прибор, измеряющий активную и (или) реактивную энергию.

Все счетчики обладают классом точности, который представляется как число, равное пределу допускаемой погрешности, выраженной в процентах, для всех значений диапазона измерений тока - от минимального до максимального значения, коэффициентом мощности, равном единице, при нормальных условиях, установленных стандартами или техническими условиями на счетчик. На щитке счетчика отмечаются цифрой в круге.

Согласно ПУЭ [23, п.1.5.15], для учета электроэнергии квартир и коттеджей следует устанавливать счетчики классом точности не более 2,0.

Для измерений электроэнергии переменного тока используются индукционные (механические) и электронные (цифровые) счетчики.

*Индукционный (механический) счетчик* - принцип его работы основан на воздействии магнитного поля неподвижных катушек, по обмоткам которых протекает ток, на подвижный элемент – диск.

Такие счетчики отличаются низкой стоимостью, а также высоким качеством и надёжностью. Недостатками таких счетчиков являются:

- плохая (очень низкая) защита от воровства электроэнергии;
- относительно низкий класс точности (высокая погрешность);

- низкая функциональность (опциональность).

*Электронный (цифровой) счетчик* - современное средство учёта электроэнергии. Несмотря на высокую стоимость (по сравнению с механическими счётчиками), такие счётчики имеют хорошие технические параметры и приличные сервисные функции.

Характерными отличиями данных счетчиков являются:

- высокий класс точности;
- долговечность, отсутствие подвижных деталей;
- возможность реализации многотарифной системы учета;
- возможность создания автоматизированной системы контроля и электроэнергии (АСКУЭ);
- наличие внутренней памяти для хранения информации по потребленной электроэнергии.

На основании всего изложенного для учета электроэнергии проектируемого коттеджа по каталогу [33, [www.energomera.ru](http://www.energomera.ru)] принимаем к установке трехфазный электронный счетчик прямого включения ЭНЕРГОМЕРА СЕ301-R33. Данный счётчик устанавливается в щиток на DIN-рейку, осуществляет измерение и учет активной электрической энергии в трехфазных четырёхпроводных сетях переменного тока, класс точности – 1,0.

## **2.2 Выбор источника теплоснабжения**

В выпускной квалификационной работе был выбран к установке источника теплоснабжения – газовый котел BAXI ECO Four 1.14F настенного исполнения, являющийся основным источником теплоснабжения.

## 2.2.1 Составление сметы на установку газового котла

Основные вложения на установку газового котла BAXI ECO Four 1.14F записываем в таблицу 10 (все данные приведены в ценах 2017 года).

Таблица 10 – Смета капитальных вложений на установку газового котла

Наименование	Количество, шт.	Стоимость, руб.	Сумма, руб.
Котел газовый BAXI ECO Four 1.14F	1	44329	44329
Установка настенного газового котла (сборка, подключение к системе отопления, обвязка запорной арматурой с фильтром грубой очистки)	1	12800	12800
Монтаж дымоотводящей трубы	1	900	900
ИТОГО			58029

## 3. РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ КОТТЕДЖА

Широкая эксплуатация 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 положения электробезопасности человек является проводником электрического тока. Электрический ток, проходящий через тело человека, причиняет термическое, электротермическое и биологическое воздействие.



Величина электрического тока, проходящего через тело человека, является основным фактором, выражающим вид поражения.

В ГОСТ Р 50571.3-2009 [11] приведены требования к основным мерам защиты человека от поражения электрическим током, которые должны соблюдаться в электроустановках коттеджей. Все разнообразие опасных для здоровья и жизни человека контактов с электроустановкой коттеджей 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 120 В 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 коттеджах, в соответствии с ГОСТ ИЕС 61140-2012 [17] 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 электробезопасным 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 50571.32009) обеспечивается следующими мероприятиями:

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

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

Поскольку повреждение и старение изоляции возможны и в фазных, и в нулевом рабочем проводниках, а УЗО реагирует на утечку на землю с любого из них, в схемах TN-C-S на отходящих линиях следует устанавливать двух- и четырехполюсные автоматические выключатели. Только в этом случае можно

методом поочередного включения линий найти и отключить неисправную цепь для обеспечения работы остальной части электроустановки без демонтажа вводно-распределительного устройства.

Применение УЗО обязательно:

- для групповых линий, питающих электроприемники наружной установки (ГОСТ Р 50571.3-2009);
- для мобильных сооружений (инвентарных зданий из металла или с металлическим каркасом) (ГОСТ Р 50699-94);
- для защиты штепсельных розеток ванных и душевых помещений (ГОСТ Р 50571.11-96).

Установка УЗО рекомендуется в разных случаях, связанных с вероятностью возникновения увеличенной опасности, например, при применении нагревательных элементов, встроенных в пол.

Кроме рассмотренных ранее УЗО без защиты от сверхтоков существуют также УЗО со встроенной защитой от сверхтоков – дифференциальные автоматы. Дифференциальный автоматический выключатель – это устройство, в котором одновременно совмещаются функции автоматического выключателя и защитные свойства УЗО.

В данной работе в целях обеспечения электробезопасности для защиты людей от попадания под действие электрического тока на всех розеточных сетях щита дома ЩР-Д установлены дифференциальные автоматы с характеристикой по УЗО типа АС на ток утечки 30мА.

### **3.1 Защитное заземление и уравнивание потенциалов**

По определению ПУЭ, заземление - сознательное 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 назначают общую характеристику питающей сети и электроустановки коттеджа. В соответствии с указанной классификацией принятая система заземления проектируемого коттеджа имеет обозначение TN-C-S. Электрическая схема данной системы представлена на рисунке 7.

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

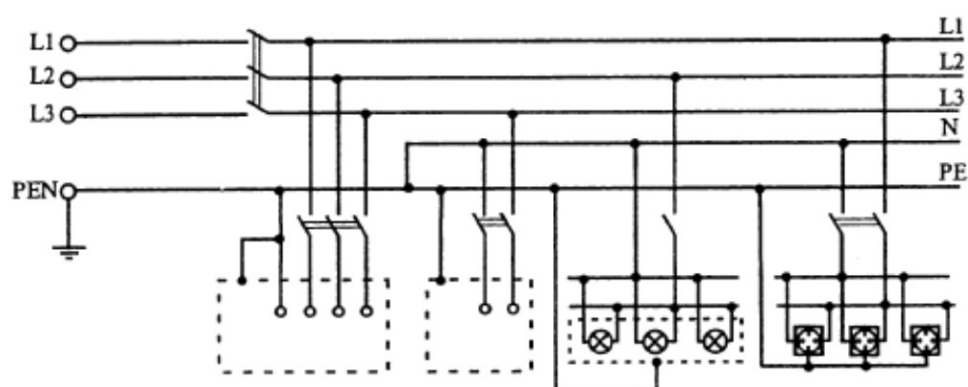


Рисунок 7 – Система заземления источника питания TN-C-S

Для обеспечения этой связи на участке питающей электрической сети и (или) электрической цепи применяется совмещенный нулевой защитный и 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 коттедже 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 осуществляются с помощью заземляющих устройств, являющихся собой совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Заземлитель - это проводящая часть или комплекс 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:

- контур заземления коттеджа (щита ЩР-Д) – замкнутый;
- контур заземления котельной (щита ЩР-коттеджа) – рядный.

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

Система *уравнивания потенциалов коттеджа* включает в себя подключение к шине РЕ щита ЩР-Д следующих проводников:

- проводника PEN питающего кабеля ВББШв 4х6;
- заземляющего проводника, подключенного к контуру заземления коттеджа;
- защитных проводников осветительных установок; - защитных проводников встроенных розеток; - защитного проводника ванной второго этажа.

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

- проводника РЕ питающего кабеля;
- заземляющего проводника, подключенного к контуру заземления котельной;
- заземляющего проводника трубы газоснабжения;
- заземляющих проводников труб отопления;
- заземляющего проводника трубы водоснабжения;
- защитного проводника электрического котла (в составе кабеля);
- защитного проводника газового котла (в составе кабеля).

### 3.2 Расчет заземляющего устройства коттеджа

Произведем расчёт заземляющего устройства (ЗУ) коттеджа. Для расчета используем методику, представленную В.П. Шеховцовым [30].

Для расчета ЗУ коттеджа используем следующие данные:

- используем только искусственные заземлители;
- тип ЗУ – контурное, у стены коттеджа на расстоянии 1м от стены дома;
- климатическая зона – III (исходные данные);
- грунт – глина, чернозем (исходные данные),  $\rho = 400 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ;
- вертикальный заземлитель – стальной уголок 50x50x5мм, L=2м;
- 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 коттеджа является контуром повторного заземления PEN-проводника питающей линии, и поэтому, согласно ПУЭ [23, п.1.7.61] его величина не нормируется. Однако, согласно тем же правилам ПУЭ [23, п.1.7.103], общее сопротивление растеканию заземлителей всех повторных заземлений PEN-проводника в любое время

года должно быть не более 10 Ом при линейном напряжении 380 В источника трехфазного тока.

Окончательно принимаем:

$$R_{и} = 10 \text{ Ом};$$

Определяем расчётное удельное сопротивление грунта с учётом коэффициента сезонности  $K_{сез} = 1,5$  [30, табл. 1.13.2]

$$\rho_p = K_{сез} \cdot \rho = 1,5 \cdot 40 = 60 \text{ Ом} \cdot \text{м}. \quad (38)$$

Определяем расчётное сопротивление одного вертикального электрода

$$r_{\epsilon} = 0,3 \cdot \rho_p = 0,3 \cdot 60 = 18 \text{ Ом}. \quad (39)$$

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

$$\eta_{\epsilon} = 0,69 \text{ [30, табл. 1.13.5].}$$

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

$$L_{II} = 4 \cdot a = 4 \cdot 2 = 8 \text{ м}. \quad (40)$$

Определяем коэффициент использования горизонтального заземлителя

Для контурного ЗУ при  $N_{\epsilon} = 4$  и  $a/L = 1$   $\eta_{Г} = 0,45$  [30, табл. 1.13.5].

Определяем коэффициент сезонности для горизонтального заземлителя.

Для климатической зоны III  $K_{сез.г.} = 2,3$  [30, табл. 1.13.2].

Определяем сопротивления электродов.

Сопротивление горизонтального заземлителя (полосы)

$$R_r = \frac{0,4}{L_{II} \eta_{Г}} \cdot \rho \cdot K_{сез.г.} \cdot \lg \frac{2 \cdot L_{II}^2}{bt} = \frac{0,4}{8 \cdot 0,45} \cdot 40 \cdot 2,3 \cdot \lg \frac{2 \cdot 8^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5} = 38,9 \text{ Ом}, \quad (41)$$

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

Определяем фактическое значение контура заземления

$$R_{3У} = \frac{R_B R_r}{R_B + R_r} = \frac{6,52 \cdot 38,9}{6,52 + 38,9} = 5,58 \text{ Ом}, \quad (42)$$

$$R_{3У} = 5,58 \text{ Ом} < R_{II} = 10 \text{ Ом}. \quad (43)$$



### 3.2.1 Расчет заземляющего устройства котельной

Выполним расчет заземляющего устройства (контура заземления) котельной.

Для расчета ЗУ котельной используем следующие данные:

- используем только искусственные заземлители;
- тип ЗУ – рядное;
- количество вертикальных заземлителей  $N_B = 4$ .

Устанавливаем необходимое по ПУЭ допустимое сопротивление заземляющего устройства:  $R_{и} = 10 \text{ Ом}$ .

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

$$\rho_p = K_{сез} \cdot \rho = 60 \text{ Ом} \cdot \text{м}. \quad (44)$$

Выбираем отношение  $a/L = 1$ , откуда по [30, табл. 1.13.5] для  $N_B = 4$  и рядного ЗУ определяем  $\eta_B = 0,74$ .

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

$$L_{II} = a \cdot (N_B - 1) = 2 \cdot (4 - 1) = 6 \text{ м}. \quad (45)$$

Определяем коэффициент использования горизонтального заземлителя

Для рядного ЗУ при  $N_B = 4$  и  $a/L = 1$   $\eta_{II} = 0,77$

Определяем коэффициент сезонности для горизонтального заземлителя

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

Определяем сопротивления электродов.

Сопротивление вертикальных электродов

$$R_B = \frac{r_B}{N_B \cdot \eta_B} = \frac{18}{4 \cdot 0,74} = 6,08 \text{ Ом}. \quad (46)$$

Сопротивление горизонтального заземлителя (полосы)

$$R_{II} = \frac{0,4}{L_{II} \eta_{II}} \cdot \rho \cdot K_{сез.г.} \cdot \lg \frac{2 \cdot L_{II}^2}{bt} = \frac{0,4}{6 \cdot 0,77} \cdot 40 \cdot 2,3 \cdot \lg \frac{2 \cdot 6^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5} = 28,32 \text{ Ом}. \quad (47)$$

Определяем фактическое значение контура заземления

$$R_{3У} = \frac{R_B R_{Г}}{R_B + R_{Г}} = \frac{6,08 \cdot 28,32}{6,08 + 28,32} = 5,01 \text{ Ом}; \quad (48)$$

$$R_{3У} = 5,01 \text{ Ом} < R_{И} = 10 \text{ Ом}. \quad (49)$$

## **4. ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ КОТЛА VAХІ ЕСО FOUR**

### **1.14F**

#### **4.1 Подготовка к установке**

Котел предназначен для нагрева воды не выше температуры кипения при атмосферном давлении. Он подключается к системе отопления и к системе приготовления горячей воды в соответствии с его характеристиками и мощностью. Котел должен устанавливаться квалифицированным специалистом.

*До установки котла необходимо:*

- проверить, что котел настроен на работу с данным типом газа. Данная информация приведена на упаковке и на заводской табличке котла;
- убедиться, что в дымоходе имеется достаточная тяга, отсутствуют сужения, и нет поступления посторонних продуктов сгорания, за исключением

тех случаев, когда дымоход специально спроектирован для обслуживания нескольких устройств;

- при присоединении дымоотводящего патрубка к уже имеющемуся дымоходу проверить, что дымоход полностью очищен, т.к. при работе котла частицы сажи могут оторваться от стенок дымохода и закрыть выход продуктов сгорания, создав тем самым опасную ситуацию.

Кроме того, чтобы сохранить действие гарантии на аппарат и для поддержания его правильного функционирования, необходимо применять следующие меры предосторожности:

- перед установкой котла отопительное оборудование должно быть предварительно очищено, чтобы убрать возможные отложения или загрязнения (кусочки обшивки, спайки, и т.п.), используя для этого вещества, имеющиеся в свободной продаже. Вещества, используемые для очистки оборудования, не должны содержать концентрированную кислоту или щелочь, которые могут разъедают металл и повреждать части оборудования из пластика и резины. При использовании очищающих веществ необходимо строго следовать указаниям инструкций по их применению.

Для защиты оборудования от накипи необходимо использовать вещества-ингибиторы, такие как SENTINEL X100 и FERNOX Protettivo для отопительного оборудования. При использовании данных веществ необходимо строго следовать указаниям инструкций по их применению.

Напоминаем вам, что наличие отложений в тепловом оборудовании приводит к проблемам в работе котла (перегрев, шумность горелки и т.п.).

## **4.2 Подготовка к первому пуску**

Первый пуск котла должен производиться квалифицированным специалистом.

При первом пуске котла специалисту необходимо убедиться в следующем:

- параметры котла по электропитанию, воде и газу соответствуют имеющимся системам электро-, водо-, и газоснабжения;
- установка произведена в соответствии с действующими нормативами;
- аппарат правильно подключен к электропитанию и заземлению.

При несоблюдении вышеперечисленных требований гарантия от завода-изготовителя теряет свою силу. Перед первым пуском снимите с котла целлофановую защитную пленку. Чтобы не повредить окрашенные поверхности, во время мытья и чистки поверхностей не используйте жесткие инструменты или абразивные моющие средства.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В настоящей выпускной квалификационной работе разработана система энергоснабжения коттеджа. В ходе работы произведен расчет электрических нагрузок, выбраны электроустановочные изделия (светильники, розетки). Произведен выбор проводов и кабелей для внешнего и внутреннего электроснабжения коттеджа, выбраны аппараты защиты для сетей внешнего и внутреннего электроснабжения. Произведен выбор средства учета электроэнергии, а также выбор автономных источников теплоснабжения (как рабочего, так и резервного). Определена категория надежности электроснабжения коттеджа.

В выпускной квалификационной работе также отражены вопросы, касающиеся электробезопасности человека. В вопросах электробезопасности обоснован выбор защитной аппаратуры линий электроснабжения с

применением устройств защитного отключения (УЗО). Произведен расчет и выбор заземляющих устройств коттеджа и котельной, а также расчет и выбор молниезащиты коттеджа. В вопросах пожарной безопасности обоснован выбор марок кабелей, применяемых для системы внутреннего электроснабжения коттеджа.

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

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. АО «Электротехнические заводы «Энергомера»// каталог продукции 2015 года [электронный ресурс]. – URL: <http://www.energomera.ru>
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; М: 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 7.82-2001. 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

7. 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

8. 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

9. 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.

10. 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.

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

12. 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

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

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

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

16. Котел отопительный Eco Four 1.14F. Руководство по эксплуатации. Паспорт. – Компания «BAHI» (Бакси). – 40с., ил.

17. 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

18. 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

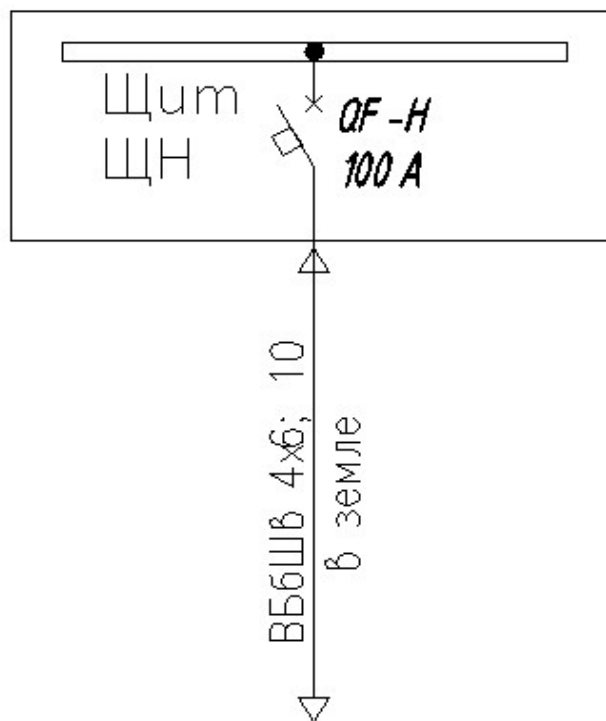
19. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск, Сиб.унив.изд-во, 2010. – 464 с., ил.
20. РД 106/4-04.14. Индивидуальный жилой дом. Раздел ЭОМ. Электроосвещение. Силовое электрооборудование. – ИП Черепанов И.В. / ГИП П.П. Киселёв. – Екатеринбург, 2015 (неопубликованная литература)
21. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. – Утвержд. 23.03.1998. – М: РАО «ЕЭС России»; Москва: «Издательство НЦ ЭНАС», 2002. – 152 с.
22. 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
23. СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. – Введ. 01.01.2004. – Москва: Госстрой России, 2004
24. СП 52.13330.2010. Естественное и искусственное освещение. – Введ. 20.05.2011. – Москва: Минрегион РФ, приказ № 783 от 27.12.2010. – 74 с.
25. Техническая коллекция Schneider Electric. Выпуск № 11 «Проектирование электроустановок квартир с улучшенной планировкой и коттеджей». Компания «Schneider Electric». – октябрь, 2007. – 240с., ил.
26. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004. – 214 с., ил.
27. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электро- снабжению. – 2-е изд. – Москва: ФОРУМ, 2011 – 136с.
28. Электроводонагреватели ЭВП-3, ЭВП-4,5, ЭВП-6, ЭВП-9, ЭВП-15 с электронным управлением. Паспорт. Руководство по эксплуатации. – Компания «ЭЛВИН». – 32с., ил.



29. Энергетика. Оборудование. Документация.//Оборудование // ВЛ и  
провода [электронный ресурс]. – URL: [http:// www.forca.ru](http://www.forca.ru)

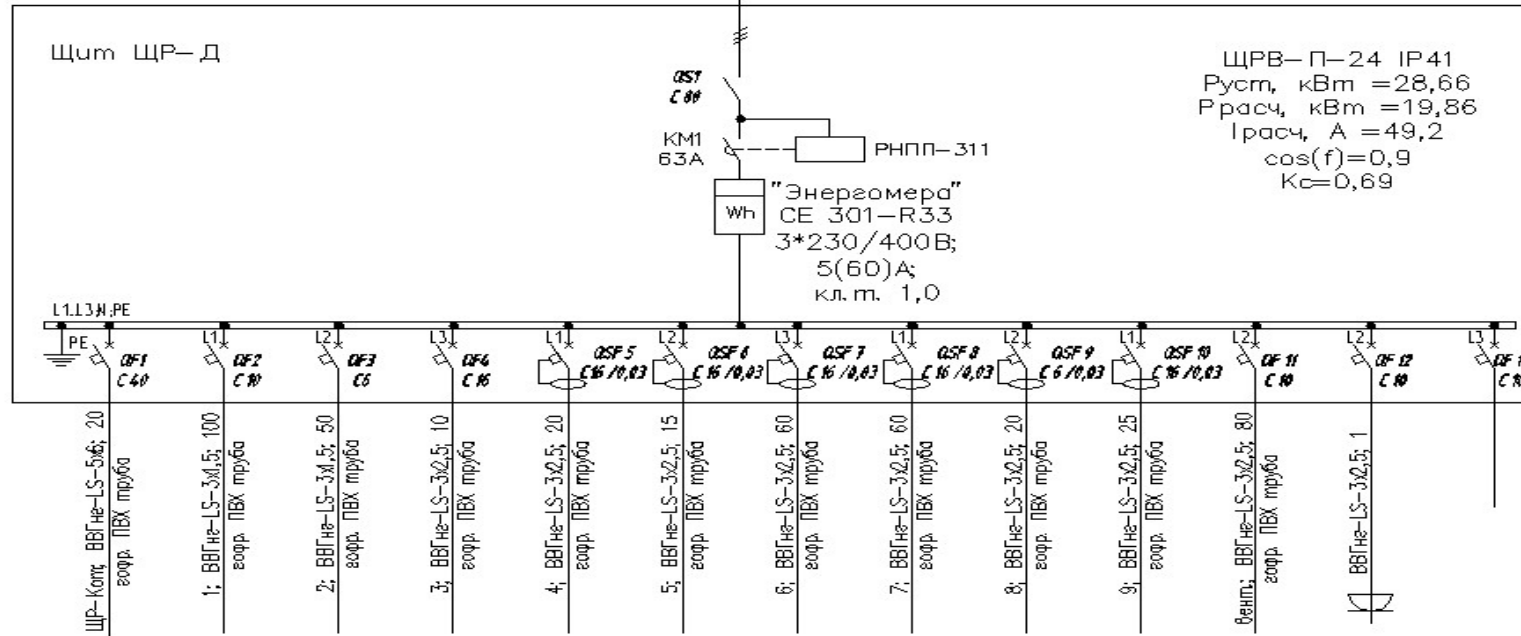
## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Схема электрического щита подключения дома ЩН, установленного на опоре 0,4 кВ.



## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Схема электрическая щита дома ЩР-Д

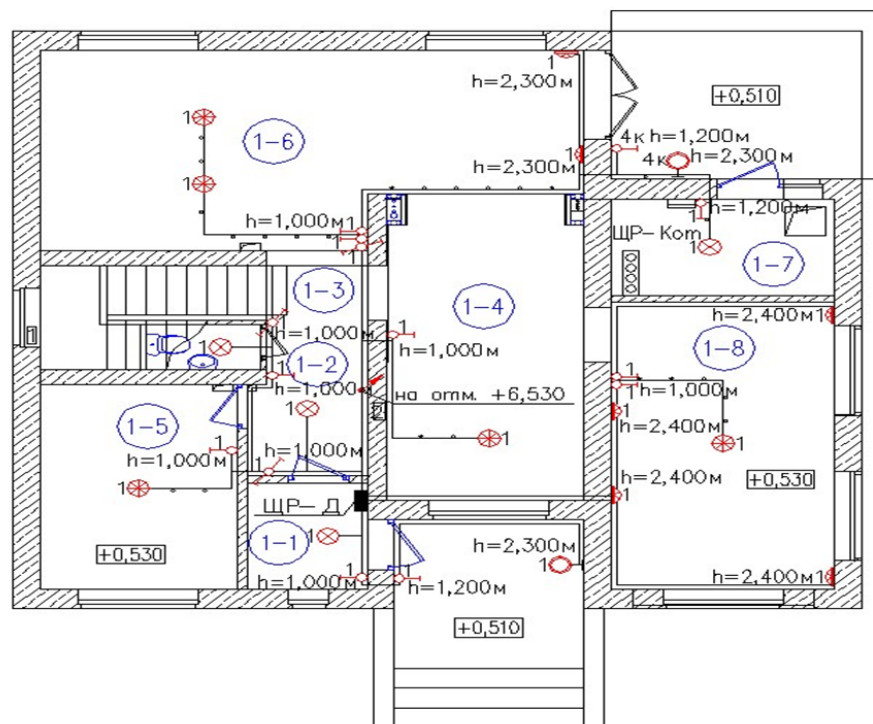


Обозначение	ЩР-Кот	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Вент.	Розетка	Резерв
P <sub>у</sub> , кВт	11,18	2,38	1,20	2,2	2,0	2,2	2,0	1,9	1,0	1,6	1,0		
P <sub>р</sub> , кВт	8,94	2,38	1,20	1,1	1,0	1,1	1,2	1,14	0,5	0,8	0,5		
I <sub>р</sub> , А	18,76	3,62	1,83	3,52	3,58	4,18	3,58	3,40	1,79	3,04	1,9		
cos(φ)	0,91	1,0	1,0	0,95	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		

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

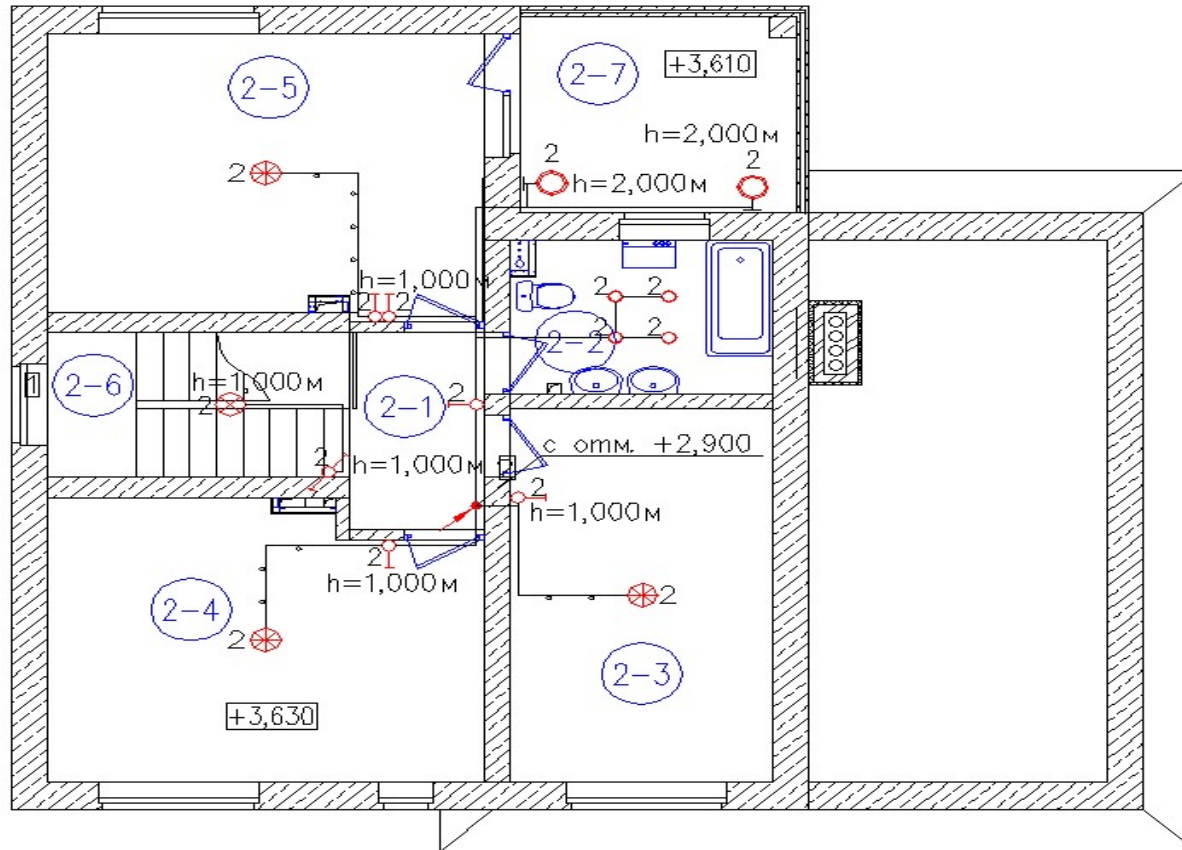
### ПРИЛОЖЕНИЕ В.1

План прокладки групповой сети освещения первого этажа



## ПРИЛОЖЕНИЕ В.2

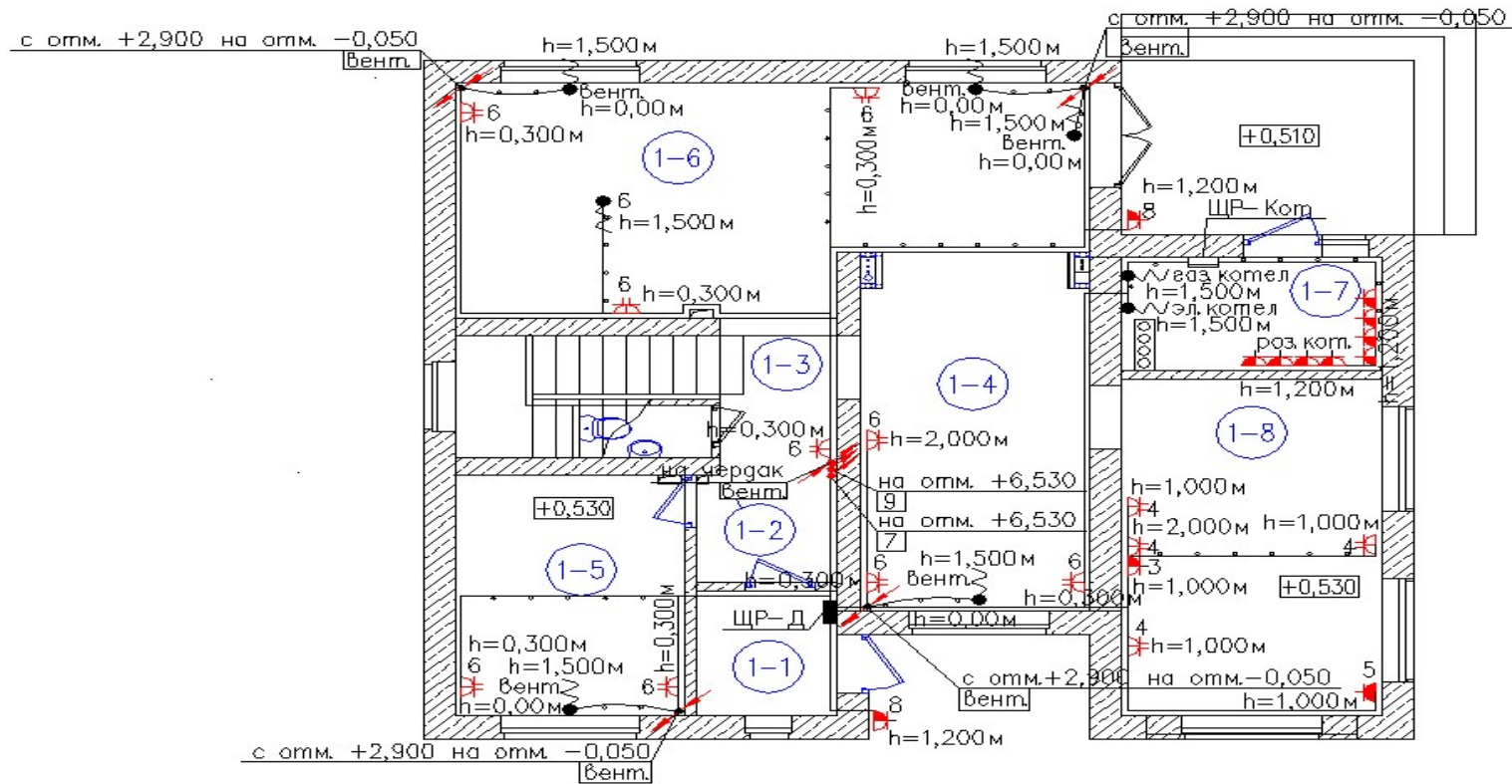
### План прокладки групповой сети освещения второго этажа



# ПРИЛОЖЕНИЕ Г

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г.1

План прокладки групповой розеточной сети и сети вентиляции первого этажа



## ПРИЛОЖЕНИЕ Г.2

### План прокладки групповой розеточной сети второго этажа

