

А.Ю. Шифрина

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЗАГОРОДНЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

А.Ю. Шифрина

**АВТОМАТИЗАЦИЯ
СИСТЕМ ЗАГОРОДНЕГО
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
С ПРИМЕНЕНИЕМ
АЛЬТЕРНАТИВНЫХ
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**



Санкт-Петербург
СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
2017

Шифрина А.Ю.

Автоматизация систем загородного электроснабжения с применением альтернативных источников энергии. / А.Ю. Шифрина.- Санкт-Петербург: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2017. – 104 с.

В издании рассмотрена система «Умный Дом», методы и средства расчета энергопотребления, проектирования системы управления и питание от альтернативного источника энергии, с целью создания проекта по автоматизации жилого объекта с помощью технологии «Умный Дом» (от англ. “Smart House”), проектирование и расчет автоматизированных систем энергопотребления.

Произведен выбор и размещение электрооборудования; выполнен светотехнический расчет помещений; осуществлен электрический расчет осветительной и потребительской сети; спроектирован электрический щит; проведен анализ подсистем «Умного Дома»: автоматизированной системы управления (АСУ), инженерных подсистем, средств связи; выполнены расчеты энергопотребления и изучены вопросы альтернативных источников энергии.

Рецензент: К.т.н. доцент Лавров А.Г.

СОДЕРЖАНИЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	8
ВВЕДЕНИЕ	9
1 Теория, концепция и технология «Умный Дом»	13
1.1 Общие сведения	13
1.2 Концепция «интеллектуального здания»	15
2 Автоматизированная система управления	17
2.1 Виды микропроцессорных средств автоматизации	20
2.1.1 PC-контроллеры и их характеристики.....	22
2.1.2 PLC-контроллеры и их характеристики	23
2.2 Анализ систем автоматизированного управления.....	25
2.2.1 Система управления домом Crestron	27
2.2.2 Система управления домом EIB.....	28
2.2.3 Система управления домом X-10	31
3 Проектирование и расчет системы «Умный Дом»	34
3.1 Выбор и размещение электрооборудования в доме	34
3.2 Светотехнический расчет помещений	36
3.3 Расчет электрических нагрузок	41
3.4 Расчет электропривода подъемника	44
3.4.1 Исходные данные для расчета подъемника	44
3.4.2 Расчет статических нагрузок и моментов инерции.....	46
3.4.3 Расчет электропривода ворот.....	49
3.4.4 Расчет механической части	50
4 Проект автоматической системы управления «Умный Дом»	52
4.1 Выбор элементов управления	52
5 Альтернативные источники энергии.....	56
5.1 Расчет солнечной электростанции для загородного дома.....	59
5.2 Расчет ветрогенератора для загородного дома	62
5.3 Гибридная система электроснабжения	59
6 Специальные вопросы обеспечения безопасности.....	66
6.1 Расчет электрической сети жилого объекта.....	66

6.2 Расчет автоматических выключателей	68
6.3 Монтаж сети освещения.....	69
6.4 Монтаж силовой сети	70
6.5 Противопожарная безопасность.....	71
6.6 Заземление	71
6.7 Молниезащита	74
6.8 Защитные меры электробезопасности	74
6.9 Организация эксплуатации электроустановок.....	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	76
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	77
Приложение А. План первого этажа дома.....	81
Приложение Б. План второго этажа дом	83
Приложение В. План гаража	85
Приложение Г. План бани	87
Приложение Д. План электрооборудования первого этажа	89
Приложение Е. План электрооборудования второго этажа дома	91
Приложение Ж. План сети освещения первого этажа дома	93
Приложение З. План сети освещения второго этажа дома	95
Приложение И. План сети освещения бани	97
Приложение К. План размещения розеток первого этажа дома	99
Приложение Л. План размещения розеток второго этажа дома	101
Приложение М. План размещения розеток в бани	103
Приложение Н. Принципиальная схема электроснабжения	105
Приложение О. Электрическое оборудование.....	107

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

- АСУ - автоматизированная система управления
- МЭК – Международная экономическая комиссия
- ЛВС – локальная вычислительная сеть
- РЗА – релейная защита и автоматика
- РУ – распределительные устройства
- УСПД – устройство сбора и передачи данных
- АВР – автоматический ввод резерва
- АПВ – автоматическое повторное включение
- ПЗУ – постоянное запоминающее устройство
- ПО – программное обеспечение
- ОС – операционная система
- ПК – персональный компьютер
- ИБД – интегрированная база данных
- СКУД – система контроля и управления доступом
- УПС (UPS) – источник бесперебойного питания
- АИРЕ– серия электродвигателя («А» - асинхронный, И - унифицированная серия по стандарту)
- 80 –габарит электродвигателя
- С - длина пакета статора
- У2 - это климатическое исполнение электродвигателя
- IP54 - степень защиты электродвигателей

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование - это креативный процесс, принятие решений из большого числа возможных вариантов. Проектирование настоятельно просит от исполнителей наличия достаточных теоретических знаний, опыта работы на монтаже или эксплуатации электроустановок, что необходимо для четкого представления проектируемого устройства после его монтажа, насколько будет удобно и безопасно его эксплуатировать. Проектирование может проводиться в несколько стадий: в одну стадию проектируются простые здания, которые возводятся по типовому или повторно применяемому проекту. В других случаях проектирование выполняется в две стадии [2].

Обеспечение надежности электроснабжения электроустановки, безопасное и удобное обслуживание, понижение расходов при монтаже и эксплуатации – считаются главными задачами проектирования. Рабочая документация обязана гарантировать удобство при выполнении монтажных работ и в процессе её эксплуатации электроустановки [12].

Разработкой рациональной схемы электроснабжения, правильным выбором и размещением электрооборудования и сетей с учетом условий окружающей среды, достаточным резервированием элементов электроустановок, защитой электрооборудования от сверхтоков, от атмосферных и коммутационных перенапряжений гарантируется надежность электроснабжения электроустановок потребителей при проектировании [2].

Обеспечение безопасности и удобства при эксплуатации достигается выбором величин напряжений, системы заземления, расчетных токов, мощности; применением соответствующих защитных аппаратов и устройств; строгим выполнением требований правил безопасности при обслуживании электроустановок.

Проектируемая электроустановка не должна оказывать вредного воздействия на другие установки и электрооборудование.

Снижение затрат на сооружение электроустановок обеспечивается выбором соответствующих материалов, рациональных трасс электрических сетей.

Удобства пользования проектной документацией при монтаже и эксплуатации обеспечиваются полнотой сведений, представленных в ней, простотой принятых технических решений, рациональным размещением материала [12].

Целью работы является создание проекта по автоматизации загородного дома с помощью технологии «Умный Дом» (от англ. “SmartHouse”), расчет и проектирование автоматизированных систем энергопотребления с применением альтернативных источников энергии.

Для достижения поставленной цели нужно решить следующие задачи:

- спроектировать и рассчитать электроснабжение загородного дома;
- рассмотреть способы взаимодействия подсистем «Умного Дома»;
- проанализировать возможные варианты построения автоматизированной системы управления;
- составить проект системы автоматизации жилого объекта, описывающий необходимые инженерные подсистемы, их параметры и выполняемые функции.

При проектировании и расчете электроснабжения дома использовалась следующая литература:

- СП 31-110-2003, проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий [3];
- СНиП 23-05-95, естественное и искусственное освещение [4];
- Правила Технической Эксплуатации Электроустановок Потребителей (ПТЭЭП) [11];
- Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [7].

Для выполнения автоматизации жилого объекта был взят рабочий проект загородного дома – двухэтажный дом (первый этаж – Приложение А, второй этаж – Приложение Б) из клееного бруса с большими витражными окнами. В доме спроектированы пять спален, четыре из которых расположены на втором

этаже, большая гостиная, кухня, столовая, санузлы на каждом этаже, со столовой выход на террасу.

Характеристика загородного дома представлена в Таблице 1 (Приложение А, Б), а сам дом представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Загородный дом

Таблица 1 – Характеристика загородного дома.

Материал	брус 180×145
Общая площадь, м ²	201,68
Полезная площадь, м ²	183,19
Площадь террасы, м ²	18,49
Площадь первого этажа, м ²	102,15
Площадь второго этажа, м ²	81,04

Размеры бани по периметру составляют 14,1×9,9метра, она имеет крытый бассейн площадью 47,35 м² (Приложение Г) В помещении имеется комната отдыха с камином, душ, парная, кладовая, теплый тамбур и крыльцо. Окна и двери из натурального дерева, стены изнутри утепленные.

Ещё на территории находится отдельный гараж – одноэтажное здание, рисунок 2. Характеристика представлена в таблице 2, план здания представлен в Приложении В.



Рисунок 2 – Гараж

Таблица 2 – Технические параметры гаража.

Общая площадь дома, м ²	91
Габаритные размеры, м	13,2х6,8
Тип дома	каменный
Стиль дома	современная классика
Количество этажей	1
Высота потолка, м	3
Тип фундамента	монолитный
Материал стен	газобетонные блоки
Тип кровельного покрытия	гибкая битумная черепица

1 Теория, концепция и технология «Умный Дом»

1.1 Общие сведения

«Умный дом» (в переводе с английского языка «smart house» или «intelligent building») – это современное жилое здание, созданное с использованием высокотехнических механизмов и приспособлений, автоматизированных для комфортного проживания в нем [2].

Систему, обеспечивающую ресурсосбережение и безопасность для всех пользователей, называют «умным домом». Предполагается, что данная система умеет узнавать конкретные ситуации, совершающиеся в доме, и реагировать на них. Система функционирует как комплекс, в соответствии с заданным алгоритмом, объединяя важные технические системы дома и управляя ими. Например, кондиционирование и отопление не будут работать во вред друг другу. Отопление выполняется с учетом ряда разных факторов: температурные показатели, сила ветра (по предсказанию Гидрометцентра, по факту), времени суток (температура днем выше, чем ночью) [3].

«Умный дом» - интеллектуальный автоматизированный комплекс делает жизнь людей безопасной, комфортной и удобной в рамках жилого пространства. Понятие «Умный дом» подразумевает интеграцию разных систем в единую систему управления, которая представлена на рисунке 3. В нее входят система освещения, видео наблюдения, электропитания, сигнализация охранная и пожарная и так далее.

Взаимодействие человека с жилым пространством – это качественно новый уровень жизни, на котором в соответствии с внутренними и внешними условиями, посредством интеллектуальной автоматизации отслеживаются и задаются режимы работы всех приборов и систем.



Рисунок 3 –Схема системы управления

При оборудовании здания комплексом типа «Умный дом» все его системы начинают работать в соответствии с заранее подготовленным сценариям, при этом пользователь сам выбирает какой-либо из сценариев в соответствии с текущими потребностями. Система конфигурирует режимы работы приборов и агрегатов согласно определенной для нее задачи, опираясь на данные о времени суток, погоде на улице, освещенности, местоположении пользователя и пр. Вы-

бор сценария происходит при помощи сенсорной панели либо дистанционного пульта управления. [4].

Тем самым, управление системами здания при помощи комплекса «Умный дом» дает возможность максимально эффективно использовать жильцам ресурсы дома, экономя ресурсы, а также осуществлять мониторинг состояния техники и различных инженерных коммуникаций здания.

1.2 Концепция «интеллектуального здания»

«Intelligent building» дословно переводится на русский язык как «интеллектуальное здание», однако, такой перевод не дает точного понимания термина. К примеру, интеллектом можно назвать процесс отслеживания изменяющихся условий и формирования реакции на их изменения [10]. При интерпретации термина «intelligent building» как «разумно построенное» вносится некоторая конкретика в его восприятие, а именно она дает понять, что изначально здание было спроектировано с учетом возможности совместной и согласованной работы всех его сервисов для упрощения процесса управления ими и экономии ресурсов [17].

Ниже представлены основные требования к разрабатываемой концепции интеллектуального дома [9-12, 14]:

- создание системы управления, отвечающей за согласование работы всех систем дома, таких как отопление, водоснабжение, вентиляция и кондиционирование, освещение, контроля доступа и охраны и пр.;
- внедрение в систему управления зданием алгоритмов контроля состояния инженерных узлов и техники и принятия различных решений на их основе, учитывая возможность наличия различных внештатных ситуаций;
- наличие пользовательского интерфейса для удобства управления подсистемами здания жильцами с учетом возможности немедленного перехода работы систем на ручное управление;

- обеспечение бесперебойной работы различных подсистем здания при отказе системы совместного управления;
- использование всеобщих стандартов при разработке систем с целью минимизации цены их обслуживания, а также создания алгоритма переконфигурирования системы при подключении к ней новых модулей и приборов;
- наличие проложенных в здании коммуникационных сетей (слаботочные и силовые линии, радиоканалы) для подключения к ним модулей и приборов с целью расширения системы.

2 Автоматизированная система управления

Автоматизированной системой управления (АСУ) называют такую систему, которая характеризуется как система «человек-машина». В ее задачи входит максимальная оптимизация функционирования объекта управления путем применения различных средств автоматизации, основанных на обработке информации вычислительными устройствами [8, 22].

Основной задачей при проектировании АСУ является разделение операций между универсальными и специализированными средствами, и выбор решения этой задачи влияет на конечный выбор технических средств, потери на создание АСУ и эффективность системы в целом [20].

Существуют несколько путей решения проблемы. Первый путь – проектирование системы, в которой практически весь функционал базируется на основе ЭВМ, приводя тем самым к существенному снижению стоимости используемого специализированного оборудования за счет единого центра, осуществляющего сбор и обработку поступающей информации. Однако, одновременно снижается надежность системы и ее живучесть и растут траты на линии связи, а также создаются трудности при прохождении метрологической аттестации [19].

Второй путь заключается в создании системы только лишь на базе специализированных средств. При этом решаются проблемы с метрологической аттестацией и избытком необходимых линий связи, гарантируется децентрализованный доступ к информации, однако эффективность системы снижается за счет ограниченных функциональных возможностей ее узлов, таких как полнота хранения, обработки, анализа и отображения имеющейся информации [21].

Третий подход заключается в совместном использовании оборудования и представляет собой совокупность первых двух. Структура АСУ включает в себя ПЭВМ и ряд специализированных систем (Рисунок 4) [11, 12]. За сбор и передачу данных и контроль каналов связи отвечают специальные устройства в виде микропроцессорных модулей. Такое решение позволяет снижать расходы на кабельную продукцию системы. Структуры различных АСУ могут отличаться

ся типом и количеством применяемых систем и способом обмена данными между ними, но неизменным остается разделение функций ПЭВМ и систем.

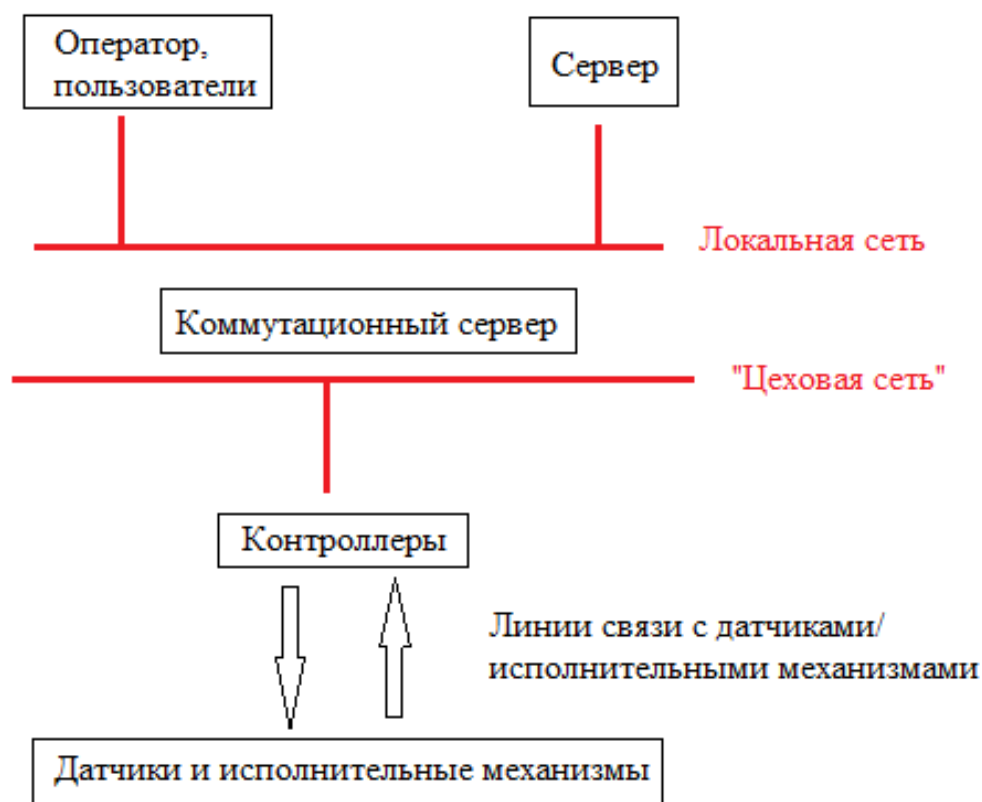


Рисунок 4 - Структура централизованной АСУ

Узлы оперативного контроля отвечают за выбор оптимального решения по ходу процесса в любой момент времени, сбор информации с различных объектов по предусмотренным каналам связи, формирование и ведение информационных баз данных, а также за своевременную отправку необходимой информации устройствам автоматического управления. Все технологические решения в системе принимаются на основе анализа данных ИБД.

Основными принципами разрабатываемой АСУ являются [10, 11]:

- гарантия выполнения системой всех необходимых операций по автоматизации объектов управления, т.е. обеспечение функциональной достаточности системы;

- возможность расширения функционала системы и расширения ее возможностей;
- оперативная подстройка объекта управления в соответствии с изменением критериев эксплуатации системы;
- совместимость системы с современными международными стандартами и использование по возможности широко распространенного программного обеспечения для возможности развития системы и перспективного подключения ее к региональной вычислительной сети;
- надежность системы, сохранение работоспособности при выходе из строя некоторых ее компонентов;
- тестирование стандартных ситуаций в «пилотных» проектах с учетом возможности дальнейшего ее использования на других объектах;
- базирование системы на принципах совместной эксплуатации уже имеющегося оборудования управления и различной микропроцессорной техники с учетом возможности замены оборудования при его моральном устаревании.

Основные требования к АСУ выдвигаются следующие [8, 12]:

- применение в системе самых современных промышленных контроллеров и терминалов с временем выходной реакции на различные электрические процессы в пределах 5мс, а на тепломеханические воздействия – в рамках 250мс;
- для фиксации системой аварийных режимов, а также произведения расчетов баланса мощности и энергии, использование операций передачи информации от различных узлов с временной меткой;
- использования стандартов Международной электротехнической комиссии (МЭК) и российских ГОСТов;
- применение стандартизированных локальных вычислительных сетей (ЛВС), программного обеспечения и структур информационных баз данных;
- максимально возможное сокращение времени реагирования на различные ситуации, возникающие в системе.

Также важным условием является наличие открытой сетевой архитектуры для простоты конфигурирования системы в зависимости от используемого оборудования и программного обеспечения для реализации принципа гибкости системы.

Для максимальной надежности хранения и полноты используемой информации на всех уровнях АСУ необходима реализация системы на основе интегрированной базы данных (ИБД), включающей в себя SQL совместимые базы данных, создающих в совокупности единое информационное пространство.

2.1 Виды микропроцессорных средств автоматизации

Любое исполнение системы, основанной на совокупности программной и аппаратной частей и решающей задачи автоматического управления объектами, имеет ряд особенностей, связанных с распределением быстродействия и характеристик устройств связи с объектами управления [15, 19].

Как правило, информация со всех системных датчиков поступают на щиты управления, которые могут быть как блочными, так и групповыми либо местными. Эти же щиты включают в себя различные устройства защиты, органы управления, например, регуляторы, контрольно-измерительные приборы и т.д. На основе такого принципа создаются АСУ с расположенными на щите контроллерами, осуществляющие операции подключения модулей обмена данными с объектами. Таким образом происходит централизация управления всем оборудованием системы [23].

В современных условиях такая модель построения АСУ теряет актуальность, и на смену ей приходят системы, в основе которых лежат различные контроллеры, объединённые друг с другом единой локальной сетью. При этом устройства релейной защиты и автоматики (РЗА), измерительные и управляющие узлы находятся непосредственно в распределительных устройствах (РУ) [16].

Широко распространена модель управления электрической частью, в которой основными задачами являются автоматизация процессов регулирования мощности, защиты в случае возникновения аварийных ситуаций и группового управления всеми узлами, при этом система базируется на различных устройствах РЗА, выполненных по принципу отдельных локальных устройств. При таком устройстве системы управления электрической частью появляется дополнительный фактор территориальной распределённости в дополнение к функциональной [31].

Устройства РЗА можно причислить к многофункциональным, несмотря на принцип их работы, подчиняющийся строгой логике. Помимо основных функций защиты и автоматических операций повторного включения (АПВ) и ввода резервов (АВР), на РЗА ложится выполнение операций по регистрации происходящих изменений системы, измерению переменных величин и автоматической диагностике собственного состояния. Зачастую в них встроены части схем управления аппаратурой коммутации. Решение других задач осуществляется при помощи добавления в систему дополнительных аппаратных и/или программных средств. Это становится возможным из-за применения принципов открытости системы. В это понятие вкладывается совокупность таких свойств системы как отсутствие патентных обязательств и прав, использование максимально возможного количества стандартизированных устройств и протоколов обмена данными, широкий выбор различного программного обеспечения, процессорной независимости системы, наличие договоров на поставку оборудования региональными самостоятельными поставщиками [27].

В основе иерархии любой микропроцессорной системы управления присутствуют основные составляющие части:

- контроллеры управления с возможностью программирования;
- программные прошивки контроллеров с возможностями работы в реальном времени;
- различные интерфейсы и методы программирования контроллеров управления;

- вычислительные сети, созданные по принципу локальных;
- различные устройства управления пользователем с доступным ему интерфейсом.

Все перечисленные выше части системы имеют свои физический воплощения в виде различных электронных устройств, и, как правило, изготавливаются различными производителями, независимо друг от друга. Связано это с особой спецификой разработки и производства каждого устройства. Поэтому для связи всех узлов в единую систему изготовители при разработке закладывают в изделия принципы максимальной унификации.

2.1.1 PC-контроллеры и их характеристики

Концепция открытой модульной архитектуры контроллеров ОМАС (Open Modular Architecture Controls) была предложена компанией General Motors летом 1994 года. Они описали ряд требований к производимым контроллерам, используемым в автомобилестроении [12, 16].

Само название системы характеризует основные требования к контроллерам, а именно [16]:

- открытость архитектуры контроллеров, что является основой для полной интеграции аппаратных и программных средств;
- принцип построения контроллера на базе отдельных модулей в зависимости от требуемого функционального назначения с возможностью простого его расширения либо переконфигурирования;
- обеспечение низкой себестоимости оборудования контроллера при его производстве, а также стоимости обслуживания при прохождении всех этапов жизненного цикла изделия;
- ремонтпригодность и простота сервисного обслуживания, что является обязательным условием для оборудования, используемого в тяжелых условиях цехового производства.

Важной особенностью PC-контроллеров является возможность использования современных устройств в АСУ, и такой подход породил высокую конкуренцию на рынке оборудования между различными производителями, что дает широкие возможности по комбинированию оборудования на стадии его подбора. Это крайне важно при модернизации систем АСУ, так как это достаточно долгий процесс в связи с соблюдением определенных этапов реконструкции системы.

На данный момент самой распространённой операционной системой для PC-контроллеров является ОСХ производства канадской фирмы QSSL из-за полностью открытой архитектуры.

2.1.2 PLC-контроллеры и их характеристики

В АСУ основные вычислительные операции ложатся на программируемые логические контроллеры PLC (Programmable Logic Controller). В настоящее время самыми популярными в России являются контроллеры производства ABB, Siemens, Modicon, Allen-Braidly, также на рынке представлены контроллеры отечественного производства [17].

PLC служат для сбора, обработки и хранения различной поступающей информации и генерации ответных управляющих сигналов на основе полученных данных. В основе контроллеров лежат микропроцессоры, являющиеся основным вычислительным ядром устройств. За счет этого они работают на основе заранее подготовленного набора программ, создавая распределенные локальные системы управления. Из-за своей доступности и простоты реализации систем на их основе PLC применяются в большом количестве различных отраслей энергетики и промышленности, а также в специализированных областях, таких как сельское хозяйство, медицина и пр. [19].

Глобально PLC можно разделить по типу исполнения на блочные и модульные устройства.

Внутреннюю структуру PLC можно условно разделить на следующие функциональные узлы [25]:

- центральный процессор, выполняющий операции согласно управляющей программе, занимающийся обработкой поступающей информации и генерацией управляющих сигналов;
- разделенная на сектора память контроллера для хранения полученных и обработанных данных;
- модули ввода, отвечающие за прием сигналов с различных датчиков системы, а также за их первичное преобразование;
- модули вывода, отвечающие за отправку управляющих сигналов к устройствам, осуществляющим непосредственное управление объектами.

Возможность гибкой конфигурации системы и простоты изменения количества каналов ввода/вывода достигается благодаря широкому ассортименту PLC модульного типа внутренней архитектуры на рынке. Современные потребности промышленной автоматизации могут быть полностью удовлетворены при грамотном выборе модулей ввода/вывода из обширного перечня доступных. В номенклатуру таких модулей включаются модули дискретных ввода и вывода, релейного вывода, цифро-аналоговые и аналогово-цифровые преобразователи (как по напряжению, так и по току), различные последовательные интерфейсы обмена данными. В большинстве модулей применяются меры по гальванической развязке системной части и объекта за счет использования устройств опторазвязки. При наличии аналоговых входов в состав модулей включают средства калибровки поступающих сигналов. На всех входах и выходах применяются средства защиты от переплюсовки, перенапряжения и короткого замыкания, а также повышения помехозащищенности. В большинстве случаев модули ввода/вывода, применяемые в паре с микропроцессорными контроллерами, имеют несколько каналов для поступления входных сигналов, объединяемые с другой стороны общей внутренней шиной контроллера [23].

Однако и у такого способа построения системы имеются недостатки. Главным является то, что процессору приходится помимо решения задач

управления и взаимосвязи всех частей системы параллельно заниматься опросом модулей ввода/вывода и обработкой поступающих данных. При этом в зависимости от используемых модулей алгоритмы их опроса в конкретной системе могут быть строго индивидуальными, что усложняет процесс разработки и наладки.

2.2 Анализ систем автоматизированного управления

В настоящее время на рынке представлен широкий ассортимент различных систем управления, изготавливаемых несколькими десятками фирм-производителей. Опираясь на нужды и ценовую политику один производитель может осуществлять выпуск нескольких различных линеек оборудования. Так, имеет место создание классов оборудования для создания систем управления частных жилых помещений (квартиры, загородные индивидуальные дома), нескольких жилых домов или районов и даже целого населенного пункта [20].

Ниже рассмотрим основные подходы к организации системы управления загородным домом [34].

1. BPT – это система, в основе которой лежит полностью закрытый протокол передачи информации собственной разработки с использованием принципа распределения интеллекта. На основе BPT можно организовать управления всей автоматикой жилого строения, процессами его отопления, освещения, кондиционирования и вентиляции, системами охраны.

2. LanDrive представляет собой платформу для создания различных распределенных систем управления освещением, как внутренним, так и наружным, а также силовыми нагрузками, всевозможной подключенной в систему электрической техникой, инженерными коммуникациями дома (отопления, вентиляция, охрана, контроль доступа, система аварийного отключения водоснабжения при возникновении протечек).

3. C-Bus является протоколом обмена информацией, применяемой в системах домашнего автоматического управления и автоматизации процессов в

больших зданиях общего пользования (спортивные объекты, медучреждения, многоквартирные жилые здания и пр.). В основе системы также лежит принцип распределенности интеллекта, и все составные части системы соединяются между собой витой парой классом не ниже пятого, при этом длина линий связи может достигать 1000 м, а количество устройств в системе – 255 штук. Создателем протокола является компания Clipsal Integrated Systems, и основным назначением изначально подразумевалась автоматизация жилых помещений и систем их освещения.

4. AMX – система, созданная для автоматизации жилья на основе закрытых протоколов обмена информацией, причем на ранних этапах развития системы использовались собственные шины для передачи информации. Более современные версии системного оборудования используют протоколы Ethernet, Wi-Fi, Zigbee и другие, а также имеет предусмотренные программные и аппаратные шлюзы для возможности сопряжения со сторонними системами, такими как EIB, LON и пр.

5. X10 – это распространенный протокол управления различным электрооборудованием и приборами с использованием в качестве средства связи своих элементов проводные линии и радиоканалы определенных частот.

На сегодняшний день можно выделить несколько систем, занимающих ведущие позиции в своем классе (централизованных, децентрализованных и смешанных) на рынке систем управления [11] (рисунок 5).

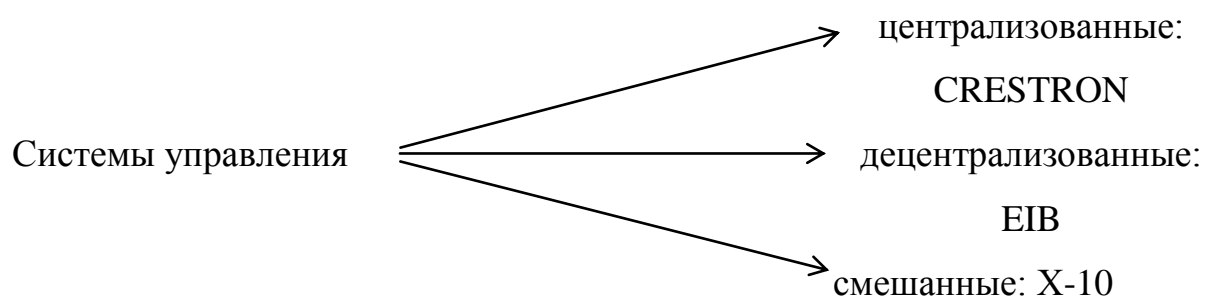


Рисунок 5- Системы управления

2.2.1 Система управления домом Crestron

Система управления Crestron основывается на принципе использования большого числа исполнительных функциональных блоков и управляющих контроллеров. Такую систему централизованного типа можно охарактеризовать как производительную и с достаточной гибкостью согласно необходимым условиям ее эксплуатации. Основные черты, свойственные системам Crestron [22]:

- единая система, включающая в себя все используемые подсистемы жизнеобеспечения;
- обширные функциональные возможности управляющих терминалов, удобство их эксплуатации;
- централизованное управление всеми доступными узлами системы.

Приложения системы Crestron выполняют функции автоматизации различных объектов окружения. Такое оборудование используется при создании интегрированного управления освещением, вентиляцией и поддержанием микроклимата помещения, системами освещения, различными медиа и периферийными устройствами (приводы окон, штор и жалюзи и пр.). При помощи центральной панели управления имеется возможность производить [35]:

- выбор режима работы различного оборудования;
- регулировать уровни работ медиа аппаратуры, выбирать источники воспроизводимого сигнала и способы их воспроизведения;
- регулировать освещенность помещения в ручном и автоматических режимах;
- управления приводами периферийных устройств.

К основным преимуществам использования систем Crestron можно отнести:

- большой выбор пользовательских интерфейсов (клавишные и сенсорные панели, беспроводные радио и инфракрасные пульты, беспроводные сенсорные панели) для управления каждым элементом вручную;

- портативные и стационарные панели управления для удобства пользования имеют цветные сенсорные мониторы диагональю до 15 дюймов, модули для подключения к сети Ethernet, аудио- и видеоаппаратуры, персональных компьютеров и различных беспроводных устройств. На дисплей информация выводится в высоком разрешении, а сам интерфейс панелей воспринимается легко за счет четкого и интуитивно понятного графического оформления;

- в беспроводных панелях используется совместимая RF технология Crestron, созданная для осуществления управления при помощи радиоканала независимо от места расположения пользователя с панелью;

- клавишные панели также дают доступ ко всему функционалу системы, имеется подсветка клавиш и всей панели для упрощения пользования системой в темное время суток, а встроенные в панели климатические датчики позволяют создавать независимую климатическую зону в помещении. Где располагается каждая панель;

- дублирование всех функций на беспроводных дистанционных пультах управления.

К недостаткам системы относятся, во-первых, высокая суммарная стоимость оборудования и его монтажа, а во-вторых – недостаточная палитра цветовых решений и корпусных исполнений панелей и пультов, что создает трудности при вписывании их в создаваемые и уже готовые интерьеры.

2.2.2 Система управления домом EIB

Европейский стандарт ассоциации EIBA используется множеством мировых производителей электротехнической продукции. Система EIB основывается на принципе децентрализации, при котором управление реализуется при помощи различных принимающих и передающих устройств, поддерживающих постоянную связь друг с другом, при этом в системе не применяется единого устройства контроля и между модулями отсутствует понятие иерархии [18].

Процедуры обмена данными между компонентами системы протекают по специализированной общей шине EIB по внутреннему протоколу системы. Вся передаваемая информация отправляется и принимается последовательно и не синхронизировано друг с другом, а возникающие в процессе обмена данными конфликты решаются путем присвоения приоритета каждому отдельному пакету данных. Такие пакеты могут быть адресованы конкретному приемнику или их группе, то есть данные приходят все устройства сети, но принимают и обрабатывают их только те, к которым оно непосредственно имеет отношение. При успешном приеме данных принимающее устройство отправляет ответное сообщение, сигнализирующее об отсутствии ошибок передачи и приема. Если через заложенное в систему время ожидания передатчик не получает подтверждения от приемника, то он инициализирует процедуру повторной отправки пакета данных. В ситуации, когда передающему устройству не пришло подтверждение от какого-либо конкретного приемника о получении данных, система регистрирует неисправность оборудования либо линии передачи и прекращает попытки передачи данных [].

Основной отличительной чертой систем EIB является простота структуры обмена данными, разработанная преимущественно для реализации управления техническим оснащением зданий, такие системы хорошо интегрируются в энергосистемы жилых построек [22]. Основные функции систем EIB представлены на рисунке 6.

Как видно из рисунка, при помощи такой системы можно реализовать управление всеми электрическими устройствами и инженерными узлами дома и идеально подходит для использования как в небольших помещениях (частные жилые дома, квартиры), так и на крупных объектах (школы, больница, коммерческие и производственные помещения).

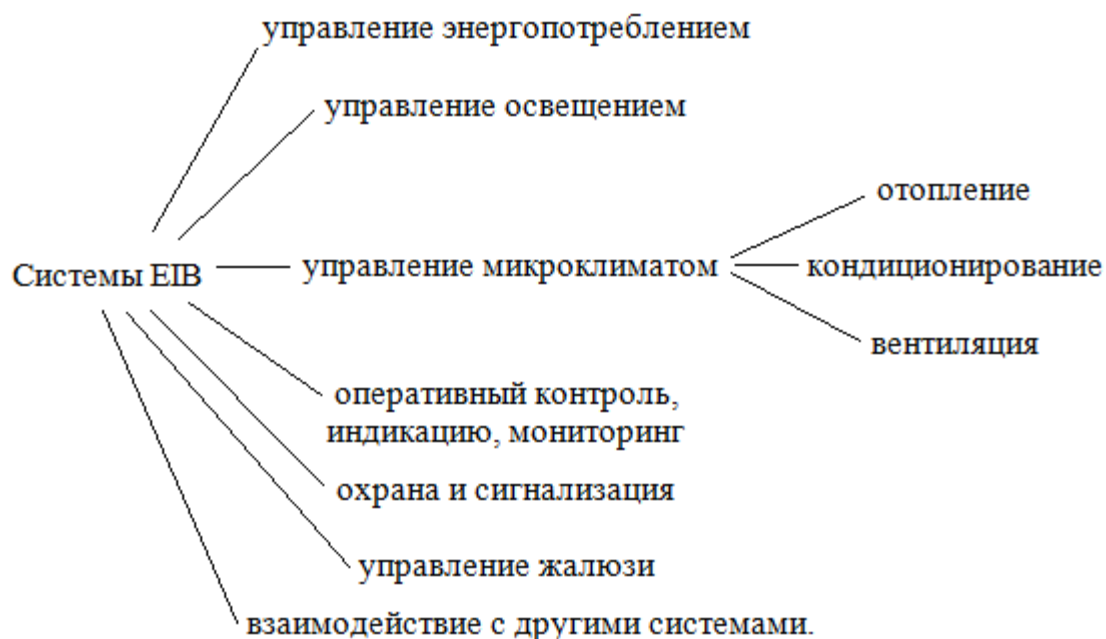


Рисунок 6 - Функции систем EIB

Среди преимуществ систем EIB можно выделить высокую надежность, тонкую настройку системы для удовлетворения нужд конкретного пользователя и общую универсальность, помогающую сделать выбор в пользу такой системы на этапе предварительного проектирования. Автономность системы также является весомым плюсом.

Все элементы системы могут быть смонтированы в стандартном DIN шкафе либо разнесенно по отдельным монтажным коробкам либо скрыто под стенными или потолочными люками, дающими доступ для обслуживания и ремонта устройств системы. Универсальные элементы системы, такие как выключатели, климатические и охранные датчики, могут быть подобраны из линеек известных производителей (ABB, Berker, JUNG, GIRA и пр.), что дает возможность сочетания видимых элементов системы с интерьером помещения. Этому способствуют также возможность индивидуальной настройки визуального отображения графического интерфейса системы за счет хорошей проработки управляющего ПО.

К минусам системы стоит отнести слабую помехозащищенность каналов связи устройств, низкую скорость обмена пакетами данных (порядка 300 мс), ограничение на количество датчиков в системе за счет небольшого системного адресного пространства, что приводит к невозможности реализации управления крупными строениями, а также высокую итоговую стоимость оборудования и линий связи.

2.2.3 Система управления домом X-10

Технология под названием X-10 пользуется особой популярностью за границей, в частности, в странах Европы и США, и является наиболее широко применяемым стандартом для создания систем автоматизации жилых строений [24]. В технологии X-10 обозначен собственный одноименный протокол обмена управляющими сигналами и командами управления на основе использования силовой электрической проводки здания различным исполнительным электрическим модулям и подключенным к ним управляемым устройствам (осветительным, бытовым приборам и технике).

В общем случае в системе на основе технологии X-10 выделяют следующие типы оборудования:

- различные приемники и передатчики;
- приемопередатчики, работающие с беспроводными каналами связи (трансиверы);
- панели беспроводного дистанционного управления;
- различное линейное и измерительное оборудование.

Передатчики выполняют функции трансляции специальных кодированных сообщений по электропроводке здания. К ним можно отнести таймеры, компьютерные вычислительные модули и периферийные датчики освещенности, температуры, движения, в задачи которых входит сбор информации о состояниях окружающей обстановки и отправка соответствующей информации приемникам при изменении этих состояний.

Приемник отвечает за сбор информации, поступающей от всех устройств сети X-10, и осуществляет непосредственное регулирование параметров на ее основе. Адресация к конкретному приемнику осуществляется путем присвоения ему индивидуального адреса в системе, состоящего из кода строения (A-P) и порядкового номера устройства (1-16). Таким образом, в одну сеть можно объединить до 256 адресных модулей, однако при необходимости синхронного управления разными модулями имеет место возможность присвоения им одного системного адреса.

Трансивер необходим в системе для обмена данными с беспроводными дистанционными пультами управления, работающими с радиоканалами либо с технологией инфракрасной передачи управляющих сигналов, с последующим преобразованием поступивших данных в формат системы X-10 и отправку их через энергосистему здания.

Дистанционные беспроводные пульты дают возможность управлять системой без привязки к какому-либо месту на территории здания. С их помощью производится управление не только оборудованием системы X-10, но и различной медиа аппаратурой.

Различные измерительные устройства необходимы системе для замера уровней исполнительных сигналов сети и помех и незаменимы при проведении процедур монтажа и наладки всего оборудования и линий связи.

Так называемое линейное оборудование выполняет массу различных функций, таких как ретрансляция сигналов, их повторение, блокировка, фильтрация помех системы и нежелательных скачков тока и напряжения и пр. В общем случае все такие устройства служат для увеличения надежности системы, однако их применение в системе носит рекомендательный характер, и при создании небольших бюджетных систем от применения линейного оборудования можно отказаться.

К достоинствам использования технологии X-10 можно отнести:

- главное конкурентное преимущество – невысокая цена готовой системы;

- простота создания и настройки программного обеспечения, отсутствие трудностей при монтаже оборудования;

- открытая архитектура обмена данными дает возможность производителям различного оборудования создавать устройства, совместимые с технологией, а так же возможность выбора ПО от множества сторонних разработчиков.

К недостаткам системы относятся:

- низкая скорость обмена данными между устройствами;

- крайне низкая помехозащищенность без использования дополнительного фильтрующего и измерительного оборудования, сетевые помехи зачастую могут перекрывать полезные сигналы из-за использования амплитудной модуляции системой;

- низкая помехозащищенность передаваемой информации может вызывать проблему ложных срабатываний, а отсутствие обратной связи между приемником и передатчиком только увеличивает такую вероятность;

- из-за наличия в системе оборудования разных производителей возможно возникновение конфликтов между ними, а открытая архитектура строения данных и доступность линий передачи оставляет возможность несанкционированного подключения в сеть через энергосистему здания.

3 Проектирование и расчет системы «Умный Дом»

3.1 Выбор и размещение электрооборудования в доме

Для разработки системы управления загородного дома вначале выбирается электрооборудование, подходящее по двум критериям: мощности 45кВт и достатком владельца – выше среднего.

Электроприборы, их типы и потребляемая мощность, размещенные в помещениях, указаны в Таблице 3. Размещение электрооборудования приведено в Приложении Д, Е.

Таблица 3 – Электроприборы, их типы и потребляемая мощность

Помещение	Наименование энергопотребителей	Марка и модель	Потребляемая мощность, кВт
ДОМ			
1 этаж			
Кухня	Электрическая плита	ЗВИ-502	10,5
	Холодильник	LG GA-E409UQA	0,6
	Мультиварка	REDMOND SkyCooker M800S	0,9
	Микроволновая печь	Samsung M1777R	0,9
	Посудомоечная машина	Bosch SMV 50E30	2,2
	Кухонная вытяжка	HANSA OSC 521H	0,13
	Кухонный комбайн	BOSCH MultiTalent MCM62020	4
Сан. узел	Стиральная машина	Bosch WLG 20260	2,2
Гостиная	Игровая приставка	SONY Playstation 4	0,19

Продолжение таблицы 3

Помещение	Наименование энергопотребителей	Марка и модель	Потребляемая мощность, кВт
Гостиная	Телевизор	LG 47LB671V	0,25
	Домашний кинотеатр	Panasonic SC-BTT500	0,8
Котельная	Насос скважины	Grundfos SQ 3-80	1,68
2 этаж			
Спальня 1	ПК	iMac	0,5
	Принтер	Epson PHOTO RX700	0,2
	Кондиционер	Toshiba RAS-10SKHP-ES	2,2
Спальня 2	Телевизор	LG 47LB671V	0,25
	Кондиционер	Toshiba RAS-10SKHP-ES	2,2
Спальня 3	ПК	Macbook Pro	0,5
	Кондиционер	Toshiba RAS-10SKHP-ES	2,2
Спальня 4	Кондиционер	Toshiba RAS-10SKHP-ES	2,2
Общая потребляемая мощность дома			34,6
ГАРАЖ/БАНЯ			
Гараж	Компрессор	Fubag vcf/100 cm3	1,8
Баня	Телевизор	LG 47LB671V	0,25
Баня	Электрообогреватель	Electrolux ECH/AG2-1500 MF	3
Баня	Противо-ток/гидромассаж	BADU Jet active	3,4
Итог			43,05

3.2 Светотехнический расчет помещений

Для расчета освещенности помещений выбираем метод удельной мощности.

Исходные данные для расчета:

- площадь помещения;
- высота подвеса светильников над полом;
- тип выбранного светильника;
- тип лампы, используемой в светильнике;
- освещенность помещения, нормируемая в зависимости от назначения помещения и выполняемой в нем работе по СНиП 23-05-95 [4];
- удельная мощность выбранного светильника.

Все нормируемые показатели искусственного освещения приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Нормируемые показатели искусственного освещения

Помещение	Освещенность рабочих поверхностей, лк
Мастерская	200
Коридоры, холлы	50
Кладовые, подсобные помещения	30
Гардеробные	75
Ванные комнаты, уборные, санузлы, душевые, внутриквартирные коридоры, холлы	50
Сауна, раздевалки	100
Бассейн	100

Выбираем светильник марки PREMIO 60 Вт (все использованные светильники указаны в таблице 5). Площадь помещения $6,84 \text{ м}^2$, высота светильника над полом $h = 2,8 \text{ м}$. Удельная мощность осветительной установки для создания нормируемой освещенности по справочным таблицам $P_{уд} = 11 \text{ Вт/м}^2$.

Необходимая установленная мощность ламп в помещении:

$$P_y = P_{уд} S = 11 \cdot 6,84 = 75,24 \text{ Вт}.$$

Мощность одного светильника $P_{св} = 60 \text{ Вт}$. Тогда необходимое количество светильников в помещении: $n = \frac{P_y}{P_{св}} = \frac{75,24}{60} = 1 \text{ шт.}$

Таблица 5 – Светильники, их типы и характеристики

Марка светильника	Тип используемых ламп для светильника	Мощность светильника, Вт
PREMIO	накаливания	60
A2916PL-1CC-60	накаливания	60
Eglo 88196-16	накаливания	30
Alfa INCA 15695	накаливания	60x5
АЙСБЕРГ 2x36	светодиодный	36x2
DS-Prom-30	светодиодный	30

Аналогичный расчет выполнен для всех зданий, результаты которого приведены в таблице 6 «Расчет осветительной нагрузки помещений», план сети освещения представлен в Приложении Ж, З, И.

Таблица 6 – Расчет осветительной нагрузки помещений

Наименование помещения	Площадь, м ²	Высота помещения, м	Нормированная освещенность, лк	Тип светильника	Мощность одного светильника, Вт	Количество светильников	Суммарная мощность, Вт
1 этаж							
Прихожая	14,71	2,6	50	OML-39307-04-4×40	160	2	294
Котельная	4,55	2,6	30	Eglo 88196-16	16	3	46
Спальня	12,08	2,6	150	GLOBO 6900-5-5×40	200	2	302
Сан узел	3,3	2,6	50	A2916PL-1CC-60	60	1	33
Гостиная с лестницей	34,54	2,6	150	A9330SP-1BR-75	75	14	1036
Столовая	16,67	2,6	100	A9330SP-1BR-75	75	6	417
Кухня	10,53	2,6	150	LW-TR1372-13-3×40	120	2	263
Рабочая поверхность на кухне	5,57	2,6	300	Novotech 369705-50	50	5	139
2 этаж							
Холл	14,85	2,6	50	A9330SP-1BR-75	75	4	297

Продолжение таблицы 6

Наименование помещения	Площадь, м ²	Высота помещения, м	Нормированная освещенность, лк	Тип светильника	Мощность одного светильника, Вт	Количество светильников	Суммарная мощность, Вт
2 этаж							
Спальня 1	16,1	2,6	150	A9330LM -3BR- 3×60	180	2	403
Спальня 2	16,1	2,6	150	A9330LM -3BR- 3×60	180	2	403
Сан узел	5,81	2,6	50	A2916PL- 1CC-60	60	1	58
Спальня 3	16,1	2,6	150	A9330LM -3BR- 3×60	180	2	403
Спальня 4	16,1	2,6	150	A9330LM -3BR- 3×60	180	2	403
Баня							
Сауна	6,84	2,7	100	PREMIO	60	1	75,24
Душ	3,69	2,7	50	A2916PL- 1CC-60	60	1	73,8
Кладовая	6,71	2,7	30	Eglo 88196-16	30	2	67,1

Продолжение таблицы 6

Наименование помещения	Площадь, м ²	Высота помещения, м	Нормированная освещенность, лк	Тип светильника	Мощность одного светильника, Вт	Количество светильников	Суммарная мощность, Вт
Комната отдыха	18,66	2,7	150	Alfa INCA 15695	300	2	466,5
Бассейн	47,35	2,7	100	АЙСБЕР Г 2х36	72	10	710,25
Гараж							
Гараж	45,2	3	150	АЙСБЕР Г 2х36	72	7	497,2
Кладовая	7,7	3	30	Eglo 88196-16	30	3	77
Сан узел	1,8	3	50	A2916PL-1CC-60	60	1	36
Котельная	9,9	3	30	Eglo 88196-16	30	3	99
Мастерская	21,8	3	300	DS-Prom-30	30	9	261,6
Итого						86	6 861

3.3 Расчет электрических нагрузок

Для вычисления электрических нагрузок используем метод коэффициента спроса. Для применения метода должна быть задана установленная мощность $P_{уст}$ энергопотребителя, количество приемников заданного типа в коттедже, а так же по справочным данным определен коэффициент спроса K_c и коэффициент мощности $\cos\varphi$.

Расчетная нагрузка для однотипных по режиму работы приемников определяется как расчетная активная мощность, кВт:

$$P_p = P_{уст} \cdot K_c,$$

где $P_{уст}$ - установленная мощность, кВт; K_c - коэффициент спроса.

Числовое значение коэффициента спроса определяются, основываясь на опыте эксплуатации энергопотребителей в различных отраслях промышленности и в процессе проектирования принимаются в соответствии со справочными материалами [3]

Расчетная реактивная мощность, кВАр:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi,$$

где $\operatorname{tg}\varphi$ - соответствует коэффициенту мощности для данной группы приемников, определяемого по справочным материалам и по паспортным данным силовых энергопотребителей. Поскольку расчет коэффициента мощности и угла потерь является сложной задачей, в расчетах принимают их среднее значение:

$$\cos\varphi = \cos\varphi_{ср}, \quad \operatorname{tg}\varphi = \operatorname{tg}\varphi_{ср}.$$

Средние значения $\cos\varphi$ и $\operatorname{tg}\varphi$ определяются по справочным данным, полученным для характерных типов энергопотребителей [3].

Полная расчетная мощность, кВА:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}.$$

В качестве примера произведем расчет телевизора, который находится в комнате отдыха.

$$\text{Активная мощность: } P_p = 0,25 \cdot 0,6 = 0,3 \text{ кВт},$$

$$\text{Коэффициент мощности } \cos \varphi = 0,95, \text{ тогда } \operatorname{tg} \varphi = 0,33,$$

$$\text{Расчетная активная мощность } Q_p = 0,3 \cdot 0,33 = 0,099 \text{ кВАр}$$

$$\text{Полная расчетная мощность } S_p = \sqrt{0,3^2 + 0,099^2} = 0,316 \text{ кВА}.$$

Результат расчета полученный с использованием представленных формул, приведен в таблице расчета нагрузок (таблица 7).

Таблица 7 – Расчет нагрузок

Наименование энергопотребителей	Кол-во	$P_{\text{уст}},$ кВт	K_c	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$P_p,$ кВт	$Q_p,$ кВАр	$S_p,$ кВА
ДОМ								
Насос скважины	1	1,68	0,8	0,75	0,88	1,344	1,183	1,790
Телевизор	2	0,25	0,6	0,95	0,33	0,300	0,099	0,316
Стиральная машина	1	2,2	1	0,8	0,75	2,200	1,650	2,750
Мультиварка	1	0,9	0,6	0,95	0,33	0,540	0,178	0,569
Холодильник	1	0,6	1	0,95	0,33	0,600	0,198	0,632
Микроволновая печь	1	0,9	0,3	0,92	0,42	0,270	0,113	0,293
Посудомоечная машина	1	2,2	0,8	0,8	0,75	1,760	1,320	2,200
Вытяжка	1	0,13	0,6	0,95	0,33	0,078	0,026	0,082
ПК	2	0,5	0,6	0,65	1,17	0,600	0,702	0,923
Электрическая плита	1	10,5	0,8	1	0	8,400	0,000	8,400

Продолжение таблицы 7

Наименование энергопотребите- лей	Кол- во	$P_{уст},$ кВт	K_c	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	$P_p,$ кВт	$Q_p,$ кВАр	$S_p,$ кВА
Игровая пристав- ка	1	0,19	0,6	0,95	0,33	0,114	0,038	0,120
Принтер	1	0,2	0,6	0,95	0,33	0,120	0,040	0,126
Кухонный ком- байн	1	4	0,3	1	0	1,200	0,000	1,200
Кондиционер	4	2,2	0,7	0,8	0,75	6,160	4,620	7,700
Розеточная сеть	41	0,1	0,7	0,9	0,48	2,870	1,378	3,184
Освещение		5,74	0,8	1	0	4,592	0,000	4,592
ИТОГ						32,010	11,904	35,86
БАНЯ/ГАРАЖ								
Компрессор	1	1,8	0,8	0,85	0,62	1,440	0,893	1,694
Холодильник	1	0,6	1	0,95	0,33	0,600	0,198	0,632
Телевизор	1	0,25	0,6	0,95	0,33	0,300	0,099	0,316
Электрообогрева- тель	1	3	0,9	0,92	0,43	2,700	1,161	2,939
Противоток/ гид- ромассаж	1	3,4	0,7	0,8	0,75	2,380	1,785	2,975
Розеточная сеть гаража	20	0,1	0,7	0,9	0,48	1,400	0,672	1,553
Освещение гара- жа		1	0,8	1	0	0,800	0,000	0,800
Розеточная сеть бани	9	0,1	0,7	0,9	0,48	0,630	0,302	0,699
Освещение бани		1,4	0,8	1	0	1,120	0,000	1,120
ИТОГ						12,714	6,293	14,52

3.4 Расчет электропривода подъемника

Электромеханическая система, в состав которой входит электродвигатель, силовой преобразователь, передаточное и управляющее устройство, предназначенные для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины и управление этим движением называется автоматизированным электроприводом [10].

Электропривод подъемника должен удовлетворять следующим требованиям:

- время переходных процессов при ограниченных ускорениях до 5 м/с^2 и произвольных ускорений до 10 м/с^2 должно быть минимально
- отсутствие зависимости скорости и ускорения при различных режимах нагрузки;
- кабина подъемника должна останавливаться на заданном уровне с требуемой точностью.

3.4.1 Исходные данные для расчета подъемника

Параметры электроподъемника представлены в таблице 8, а схема на рисунке 7.

Таблица 8 – Характеристики подъемника

Грузоподъемность	900 Н
Скорость подъема кабины	1,5 м/с
Масса кабины	35 кг
Диаметр канатоведущего шкива	0,7 м
КПД системы	0,75
Высота подъема	5 м

Продолжение таблицы 8

Число несущих канатов	4
Масса одного погонного метра канатов	0,5 кг
Передаточное число редуктора	36
Момент инерции редуктора и канатоведущего шкива от момента инерции двигателя	20%
Максимально допустимое ускорение и замедление	1,5 м/с ²
Допустимая неточность останова	0,02 м
Время работы аппаратов, дающих импульс на торможение	0,25 с 15%
Относительное отклонение массы груза	20 %
Тормозной момент механического тормоза от номинального момента электродвигателя	1,75
Отклонение момента тормоза	15%
Время паузы от подъема до спуска	6 с
Время паузы после спуска до нового подъема	8 с

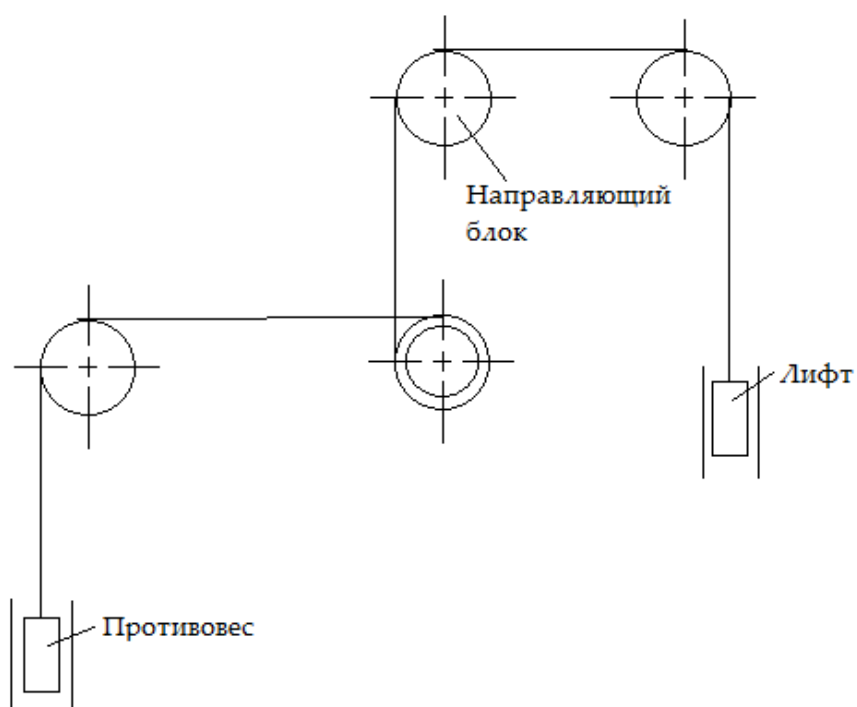


Рисунок 7 – Кинематическая схема грузового подъемника

3.4.2 Расчет статических нагрузок и моментов инерции

Противовес для подъемника должен быть выбран из условия равновесия веса кабины и части груза. При этом коэффициент уравнивания $\alpha = 0,55$

$$G_K = m_K \cdot g = 30 \cdot 9,81 = 294,3 \text{ Н}$$

$$G_{\text{пр}} = G_K + G_H = 294,3 + 0,55 \cdot 800 = 734,3 \text{ Н},$$

где G_K – вес кабины подъемника; m_K – масса кабины подъемника; $G_{\text{пр}}$ – вес противовеса; G_H – вес полезной нагрузки соответственно.

Найдем массу противовеса $m_{\text{пр}} = 74,8 \text{ кг}$.

Радиус приведения к валу двигателя:

$$\rho_{\Sigma} = \frac{D_6}{2i_p} = \frac{0,7}{2 \cdot 36} = 0,00972 \text{ м},$$

где D_6 – диаметр канатоведущего шкива, i_p – передаточное число редуктора.

Рассчитаем массу грузоподъемности $m_{\text{гр}} = \frac{800}{9,81} = 81,5 \text{ кг}$.

Момент инерции (приведен к валу двигателя):

$$\begin{aligned} J'_{\Sigma} &= m_{\Sigma \text{гр}} \rho_{\Sigma}^2 = (30 + 81,5 + 74,8) \cdot 0,00972^2 = \\ &= 186 \cdot 0,000094 = 0,0175 \text{ кгм}^2 \end{aligned}$$

Поскольку в процессе подъема электропривод работает в двигательном режиме, следовательно, делим на КПД системы – $\eta_{\text{сист}}$.

Момент сопротивления:

- подъём

$$M_{\text{СП}} = \frac{(m_K + m_{\text{гр}} - m_{\text{пр}}) g \rho_{\Sigma}}{\eta_{\text{сист}}} = \frac{(30 + 81,5 - 74,8) \cdot 9,81 \cdot 0,00972}{0,8} = 4,73 \text{ Нм}.$$

- спуск

$$M_{\text{СС}} = \frac{(m_K - m_{\text{пр}}) g \rho_{\Sigma}}{\eta_{\text{сист}}} = \frac{(30 - 74,8) \cdot 9,81 \cdot 0,00972}{0,8} = -5,3 \text{ Нм}.$$

Время пуска:

$$t_{\Pi} = \frac{v}{a},$$

где v – установившаяся скорость подъема, м/с.

$$t_{\Pi} = \frac{1,5}{1,5} = 1 \text{ с.}$$

Время торможения подъемника приравняем ко времени пуска t_{Π}

Угловая скорость вращения вала ЭД:

$$\omega_p = \frac{v}{\rho_{\Sigma}},$$

где v – скорость подъема, м/с.

$$\omega_p = \frac{1,5}{0,00972} = 154,32 \text{ с}^{-1}.$$

Расстояние, проходимое подъемником в процессе пуска или торможения:

$$S_{\Pi} = S_T = \frac{1}{2} \cdot v \cdot t_{\Pi} = \frac{1,5 \cdot 1}{2} = 0,75 \text{ м.}$$

Расстояние, проходимое подъемником с установившейся скоростью:

$$S_y = S - 2 \cdot S_{\Pi} = 5 - 2 \cdot 0,75 = 3,5 \text{ м.}$$

Время движения подъемника с установившейся скоростью:

$$t_y = \frac{S_y}{v} = \frac{3,5}{1,5} = 2,33 \text{ с.}$$

Время цикла: $t_{\Pi} = 2 \cdot t_{\Pi} + 2 \cdot t_T + 2 \cdot t_y + t_{01} + t_{02}$,

где t_{01} – время, проходящее от подъема до спуска, t_{02} – время проходящее от спуска до подъема.

$$t_{\Pi} = 2 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 2,33 + 5 + 7 = 20,6 \text{ с.}$$

$$t_{\text{рп}} = t_{\text{рс}}$$

Полное время работы:

$$t_{p\Sigma} = t_{p\Pi} + t_{pC} = 4,33 + 4,33 = 8,66 \text{ с.}$$

Определим ПВ – продолжительность включения:

$$ПВ_p = \frac{2 \cdot t_{p\Pi} \cdot 100\%}{2 \cdot t_{p\Pi} + t_{01} + t_{02}} = \frac{2 \cdot 4,33 \cdot 100\%}{2 \cdot 4,33 + 5 + 7} = 42\%$$

Момент на валу ЭД при пуске на подъем:

$$M_{дин} = J_{\Sigma} \cdot \varepsilon = 0,0174 \cdot 154,3 = 2,7 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{ПП} = M_{СП} + M_{дин},$$

$$M_{ПП} = 4,37 + 2,7 = 4,07 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент на валу ЭД (установившаяся скорость при подъёме):

$$M_{уП} = M_{СП},$$

$$M_{СП} = 4,37 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент на валу ЭД (торможение на подъём):

$$M_{ТП} = M_{СП} - M_{дин},$$

$$M_{ТП} = 4,37 - 2,7 = 1,67 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент на валу ЭД (при пуске на спуск):

$$-M_{ПС} = -M_{СС} + M_{дин},$$

$$-M_{ПС} = 5,3 + 2,7 = 8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент на валу ЭД (установившаяся скорость при спуске):

$$-M_{уС} = -M_{СС},$$

$$-M_{уС} = 5,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент на валу ЭД (торможение на спуск):

$$-M_{ТС} = -M_{СС} - M_{дин},$$

$$-M_{ТС} = 5,3 - 2,7 = 2,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Эквивалентный момент ЭД за общее время работы:

$$M_{\Theta} = \sqrt{\frac{1}{t_{p\Sigma}} \left[M_{ПП}^2 t_{\Pi} + M_{уП}^2 t_{у} + M_{ТП}^2 t_{Т} + M_{уС}^2 t_{у} + M_{ТС}^2 t_{Т} \right]}.$$

$$M_{\Theta} = \sqrt{\frac{1}{8,66} \left[4,07^2 \cdot 1 + 4,37^2 \cdot 2,33 + 1,67^2 \cdot 1 + (-8)^2 \cdot 1 + (-2,6)^2 \cdot 1 \right]},$$

$$M_{\Theta} = 5,19 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Примем поправочный коэффициент для учета момента инерции двигателя из диапазона.

$$M_{\text{НР}} = (1,1 \div 1,3)M_{\text{Э}}.$$

$$M_{\text{НР}} = 1,3M_{\text{Э}} = 1,3 \cdot 5,19 = 6,75 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Номинальная расчетная мощность ЭД:

$$P_{\text{НР}} = M_{\text{НР}} \cdot \omega_{\text{Р}} = 6,75 \cdot 154,32 = 1,05 \text{ кВт}.$$

Частота вращения ЭД расчетная:

$$n = \frac{30 \cdot \omega_{\text{Р}}}{\pi} = \frac{30 \cdot 154,32}{\pi} = 1474 \text{ об/мин}.$$

По полученным данным мощности и частоты вращения выбираем необходимый двигатель: электродвигатель АИРЕ 80 С4, У2 IM1081 или IM2081 асинхронный мощностью 1,5 кВт. Номинальный ток 9,7 А.

3.4.3 Расчет электропривода ворот

Для автоматизации открытия и закрытия ворот установлен еще один электропривод. Перемещение ворот происходит по стальному рельсу, посредством колес с ребордами [23].

Основные элементы системы открытия и закрытия ворот:

- нижняя рама, являющаяся основным несущим элементом конструкции;
- колеса с ребордами, отвечающее за точные перемещения по рельсам;
- ось колеса, закрепленная в подшипниковых узлах;
- мотор-редуктор, устанавливаемый на вал;
- полотно ворот, являющееся транспортируемым грузом.

Система управления перемещения тележки должна снабжаться технологическими датчиками, обеспечивающими точное позиционирование.

Исходные данные:

- диаметр ведущего колеса 350 мм;
- максимальная скорость 1,2 м/с;

- максимальное ускорение 1,0 м/с²;
- масса груза 400 кг.

3.4.4 Расчет механической части

Расчет механической части привода заключается в определении передаточного числа редуктора и требуемой мощности на валу привода.

Для механизмов с поступательным движением скорость вращения ведомого вала определяется по заданной максимальной скорости поступательного движения.

$$n_2 = \frac{v \cdot 60}{\pi \cdot D} = \frac{1,2 \cdot 60}{3,14 \cdot 0,35} = 65,5 \text{ об/мин.}$$

Для механизмов, обеспечивающих механическое перемещение элементов оборудования, изделий или материалов необходимо рассчитать статические моменты транспортных усилий, моменты сил сопротивления на направляющих и в подшипниках, привести их к валу двигателя и сложить с учетом направления движения и действия сил.

Сила трения колеса о рельсы:

$$F_2 = \mu \cdot N(H).$$

$$N = P = m \cdot g = 400 \cdot 9,8 = 3920 \text{ Н.}$$

$$F_2 = 3920 \cdot 0,25 = 980 \text{ Н,}$$

где $\mu = 0,25$ – коэффициент трения колеса по рельсам.

Момент силы трения колес о рельсы:

$$M_2 = F_2 \cdot \frac{d}{2} = 980 \cdot \frac{0,35}{2} = 171,5 \text{ Нм.}$$

Необходимый момент двигателя:

$$M_H = 1,5 \cdot \frac{M_2}{2} = 1,5 \cdot \frac{171,5}{2} = 128,63 \text{ Нм.}$$

Выбор электродвигателя производится по моменту и скорости.

Асинхронный мотор-редуктор FF47DRE96M3:

- номинальная частота вращения двигателя 1420 об/мин;
- частота вращения выходного вала 65 об/мин;
- общее передаточное число 21,82 ;
- вращающий момент на валу 161 Нм;
- мощность двигателя 1,1 кВт;
- КПД 82,5% ;
- напряжение двигателя 230 В;
- частота питания 50 Гц;
- номинальный ток 4,25 А;
- степень защиты IP54.
- $\cos \varphi = 0,79$;

Определим, удовлетворяет ли скорость выбранного мотора заданию:

$$\frac{n_{2ДВН}}{i_p} = \frac{v \cdot 60}{\pi \cdot D},$$

$$v = \pi \cdot D \cdot \frac{n_{2ДВН}}{i_p \cdot 60} = 3,14 \cdot 0,35 \cdot \frac{1400}{21,82 \cdot 60} = 1,17 \text{ м/с.}$$

С учетом погрешности, поступательная скорость вошла в допустимые границы.

4 Проект автоматической системы управления «Умный Дом»

4.1 Выбор элементов управления

1. Управление системой (устройство вывода информации)

Например, в качестве интерфейса можно применить модуль Pri-On. Устройство может контролировать всеми системами дома. Модуль Pri-On состоит из 3,5 дюймового дисплея для отображения информации, управление совершается с помощью поворотного регулятора и в дополнение можно прибавить 1, 2, 3 клавишный сенсор. Подключение устройства осуществляется по шине DNL.

2. Управляющее устройство

Для управления всеми устройствами, а также обработки сигналов устанавливаем модуль, который поможет управлять системами благодаря мобильным устройствам, на базе платформ Windows, Android или Ios. С помощью простого программирования любое мобильное устройство через интернет будет осуществлять контроль за системами дома, где также можно посмотреть информацию о влажности, температуре и другой информации, поступающей с датчиков. Основной функцией данного управления является онлайн мониторинг всех устройств и систем дома, для моментального отображения аварий или сбоев, что позволит найти неисправность и устранить её.

3. Силовой модуль

У компании Smartbus возьмем реле HDL-MR 16.16. Основная характеристика данного реле – DIN реле, устройство 16-канальное, 16 А на канал, напряжение 110-220 В, частота 50-60 Гц, ток нагрузки 16 А, максимальный ток нагрузки 20 А. Устройство имеет возможность программирования, за счет чего поставленные задачи будут выполняться максимально точно. В случае короткого замыкания, данное реле будет осуществлять роль автоматического выключателя, а, следовательно, отключит нагрузку на линии.

Каждый канал реле имеет возможность программироваться по отдельному сценарию и использовать задержку включения до 25 сек.

4. Модуль освещения

С помощью диммера SB-DN-D0602 компании Smartbus будет осуществляться управление светом. Он имеет 6 каналов по 8 А на один канал, устанавливается на DIN рейку, встроенный контроллер сценариев, защита от перегрева, перенагрузки, КЗ. В автоматическом режиме есть возможность контролировать освещённость в помещениях (данные уровня освещенности от датчика). Днём управляющее устройство примет сигнал от датчика, о том, что в помещении достаточный уровень света, затем управляющее устройство выключит энергоснабжение освещения на данном участке. Каждый канал может программироваться в двух режимах: автоматическом и ручном.

5. Управление кондиционированием и отоплением

На основе показаний датчика влажности, температуры и освещенности SB-CMS-THL выполняется управление климатом и отопительным котлом. Он позволяет одновременно регистрировать несколько показаний: освещённость, влажность и температуру.

Данный датчик можно использовать для выполнения множества функций, за счет наличия в нем установленных сенсоров, а также дискретных выходов.

Котлом управляет модульное реле, шаровым электроприводом WSU производится управление вентилями отопления, получающий от модуля управления DIN-A008 сигнал. Благодаря данному управлению можно задать оптимальную температуру и наиболее оптимально использовать энергию. Остановить подачу воды в случае аварии обеспечит вход для датчиков протечки. Датчик давления позволит смотреть за давлением в отопительной системе.

6. Безопасность

В доме существует система безопасности, такая как защита систем отопления от протечки. Автоматика, при возникновении сигнала об утечки воды от датчика протечки, отключает подачу воды в системе. О понижении давления в системе оповещает датчик, установленный в контур системы (так как система отопления находится под давлением). Если срабатывают датчики пламени и газа, установленные по всему дому, то система автоматически отключает подачу

отопления, водоснабжения, а также электроэнергию в доме, и передает сигнал тревоги.

Маршрутизатор MikrotikRouterBOARD 2011UiAS-2HnD-IN используется, как точка доступа для сети Wi-Fi.

Начальный замысел – управление системой дома на расстоянии, поэтому беспроводной модуль GSM HDL-MGSM.431 подключен к системе. Он подключается напрямую к системной шине и использует канал связи GSM (доступен на территории всей России). Модуль может выполнять действия по отправляемым СМС сообщениям от пользователя и отсылать СМС уведомления по различным событиям, происходящих в системе, благодаря чему пользователь управляет всеми системами дома и получает уведомление об отключениях и авариях. Так же есть возможность запрограммировать модуль на вызов экстренных служб при аварийных ситуациях.

7. Остальные приборы

Управление стереосистемой, телевизором и другими приборами с управлением по средствам инфракрасного сигнала осуществляется при помощи эмиттера HDLM/IRAC.1 имеющего 650 кодов памяти и 4 канала передачи, что управляется на основе инфракрасного сигнала.

Схема расположения устройств показана на рисунке 8.

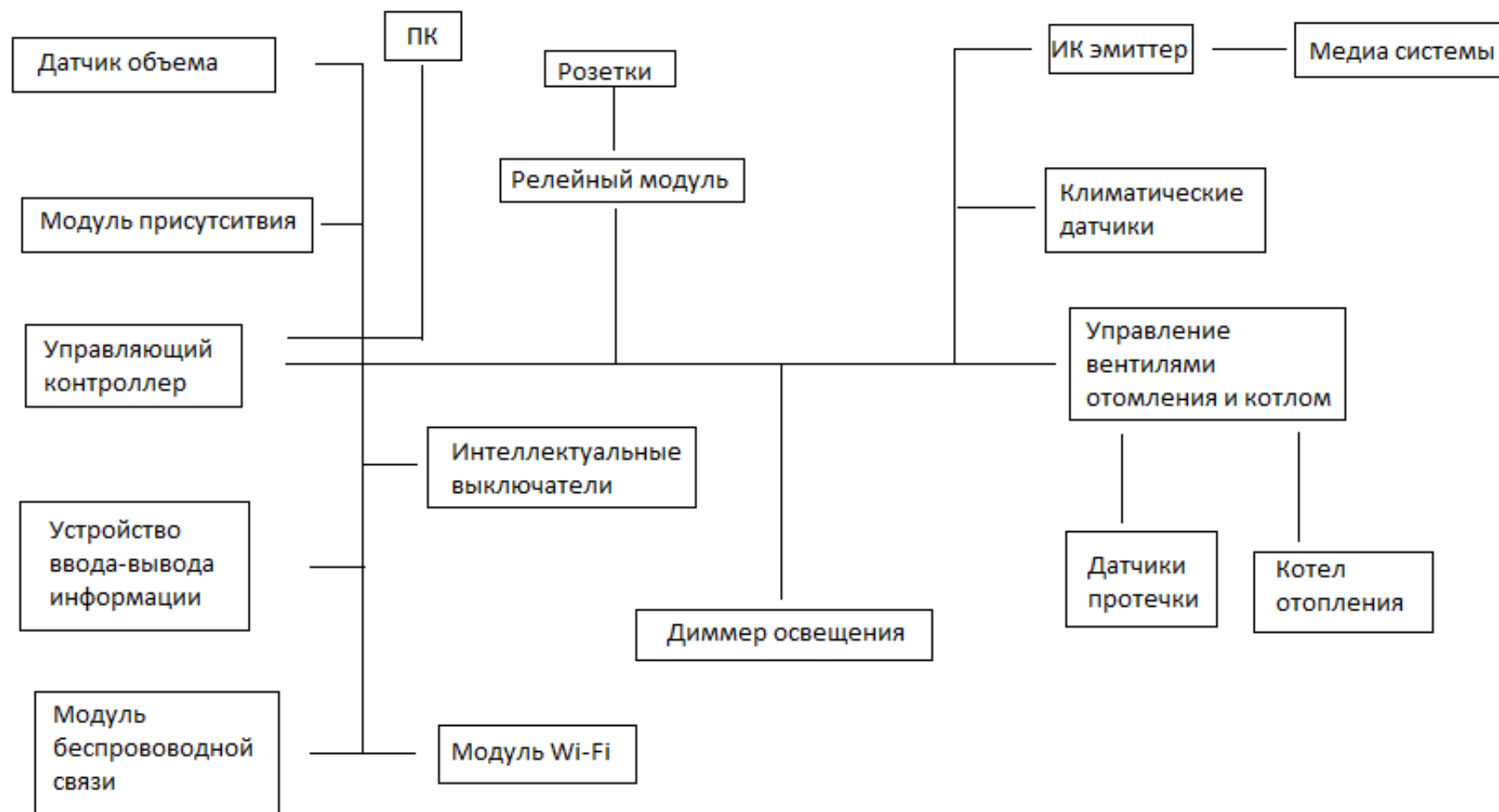


Рисунок 8 – Структурная схема элементов

5 Альтернативные источники энергии

Энергия – это одна из составляющих в жизни современного человека. И в настоящее время человечество сталкивается с проблемой – исчезновение традиционных источников энергии и заметного ухудшения экологического состояния Земли.

Конечно, электрическая энергия до сих пор является самым удобным видом энергии для использования в быту и производстве. Именно поэтому, в настоящее время на этапе развития альтернативных источников энергии занимает выработка электричества с помощью преобразования энергии ветра, воды и солнечного света. На основе природных ресурсов были созданы различные виды электростанций, а именно солнечные, ветряные, геотермальные, приливные [42].

Каждый человек не один раз сталкивался с неожиданным отключением электричества в доме или скачками напряжения в сети. Обо всех этих неприятностях помогут забыть альтернативные источники энергии. Возобновляемый ресурс, который замещает классические источники энергии, основывающиеся на нефти, добываемом природном газе и угле называется альтернативным источником энергии[43].

Рассмотрим подробнее некоторые виды, применяемые для загородного дома [45]:

1. Энергия ветра

Это энергия движущихся воздушных масс. Если сравнить запасы энергии воды и ветра, то ветер выигрывает во множество раз. Но у данного вида есть свои недостатки: энергия ветра сильно рассеяна и ветер настолько часто меняет свое направление. По принципу работы они очень просты – поворот лопастей происходит за счет ветра, то есть через лопасти происходит передача механической энергии на вал электрогенератора, который в свою очередь производит электроэнергию.

Выходит, так, что энергия ветра преобразуется в электрический ток. Существует множество конструкций для получения такого вида энергии: винты с одной, двумя и даже тремя лопастью; многолопастные; вертикальные роторы (похоже на бочку, разрезанную и насаженную на ось) и другие.

2. Энергия солнца

Основным источником возобновляемой энергии является энергия Солнца. Главным её преимуществом над другими альтернативными способами получения энергии является неисчерпаемый в обозримом будущем запас, а также возможность организации доступа к ней практически в любой точке земного шара. В основе систем, осуществляющих преобразование солнечной радиации в полезную электроэнергию, лежат устройства активного либо пассивного принципа действия. В проекты загородных домов заранее закладываются элементы пассивных систем на стадии их проектирования, что позволяет максимально эффективно использовать доступную солнечную энергию при эксплуатации системы. Одна из самых используемых и развиваемых технологий преобразования солнечной энергии – создание пассивных панелей на основе кремния. Каждая панель состоит из множества небольших фотоэлектрических элементов, электрически соединяемых в целую сеть. Такое устройство системы упрощает процедуры ремонта и обслуживания, а также позволяет точнее настроить расположение панелей для получения наиболее возможного КПД устройства.

У всех видов альтернативных источников энергии есть свои недостатки. Например, у ветряных – это изменчивость ветра, а у солнечных – достаточно большая стоимость установки. Из-за этого, для большей надежности энергообеспечения рекомендуют использовать гибридную систему, которая объединяет несколько типов систем (два, а иногда и три вида) [47].

В гибридной системе выбор источников энергии происходит от расположения загородного дома, то есть применяются такие источники, которые выгодно устанавливать на данной местности.

Для высокой эффективности, систему электроснабжения создают в виде

Чтобы повысить эффективность системы электроснабжения чаще всего используют гибридную систему, в которой основным источником энергии берут ветряной двигатель, так как солнечная панель в два раза дороже его. А набор из солнечных панелей служит дополнительным источником.

Гибридная система электроснабжения состоит из (рисунок 9):

1. Ветрогенератора
2. Солнечной панели
3. Инвертора
4. Контроллер заряда
5. Аккумуляторной батареи (АКБ)

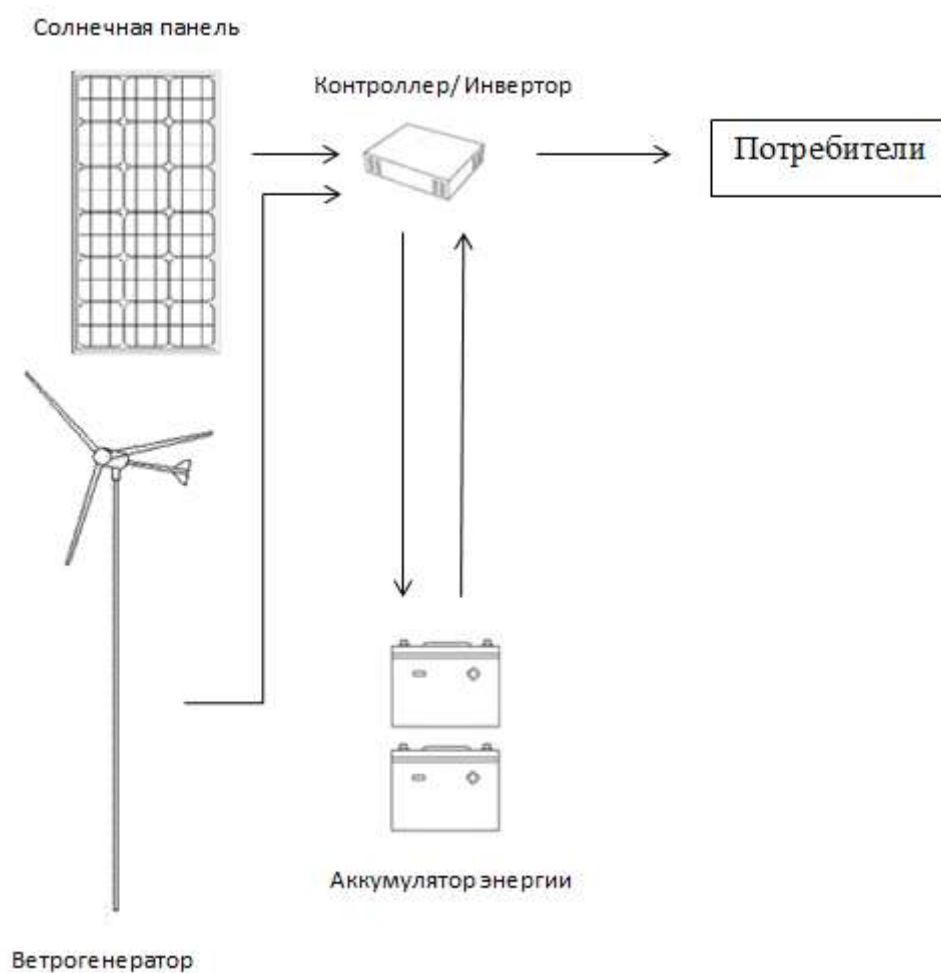


Рисунок 9 – Элементы гибридной системы электроснабжения

Ветрогенератор или солнечная панель преобразуют энергию ветра или солнца в электричество. АКБ накапливает полученную электроэнергию, кото-

рая в свою очередь применяется, когда выработка энергии от ветра или солнца не возможно (затишье, облачность). Для эффективной работы аккумулятора в систему устанавливают контроллер заряда, который следит за глубиной разряда. Приборы в доме работают на переменном токе, поэтому инвертор устанавливается в систему, для преобразования постоянного тока в переменный. Гибридная система использует генератор, как резерв. Работа генератора начинается, когда потребляемая мощность больше, чем вырабатываемая и АКБ полностью разряжена. Контроллер отслеживает все состояния системы и выбирает актуальный режим работы для неё.

Основным преимуществом гибридной системы можно выделить её полную независимость от электросети.

5.1 Расчет солнечной электростанции для загородного дома

Рассчитаем номинальную мощность, для этого нам понадобится перечислить все приборы в доме, их номинальную мощность и количество часов работы в день. Все приборы представлены в таблице 13, а также в ней произведен расчет $W_{AC}, \text{кВт} \cdot \text{ч}$ – электропотребление каждого прибора в день.

Таблица 9 – Характеристика электроприборов

Наименование энергопотребителей	$P_p, \text{кВт}$	Время работы, ч (в день)	$W_{AC}, \text{кВт} \cdot \text{ч}$ (в день)
Насос скважины	1,344	12,0	16,128
Телевизор	0,300	4,0	1,200
Стиральная машина	2,200	2,0	4,400
Мультиварка	0,540	2,0	1,080
Холодильник	0,600	24,0	14,400
Микроволновая печь	0,270	0,3	0,081
Посудомоечная машина	1,760	2,0	3,520
Вытяжка	0,078	2,0	0,156

Продолжение таблицы 9

Наименование энергопотребителей	P_p , кВт	Время работы, ч (в день)	W_{AC} , кВт · ч (в день)
ПК	0,600	4,0	2,400
Электрическая плита	8,400	4,0	33,600
Игровая приставка	0,114	2,0	0,228
Принтер	0,120	0,2	0,024
Кухонный комбайн	1,200	0,1	0,120
Кондиционер	6,160	8,0	49,280
Розеточная сеть	2,870	12,0	34,440
Освещение	4,592	8,0	36,736
Компрессор	1,440	1,0	1,440
Электрообогреватель	2,700	12,0	32,400
Противоток/ гидромассаж	2,380	4,0	9,520
Розеточная сеть гаража	1,400	8,0	11,200
Освещение гаража	0,800	8,0	6,400
Розеточная сеть бани	0,630	6,0	3,780
Освещение бани	1,120	6,0	6,720
ИТОГ	41,618		269,256

Общее электропотребление энергии в загородном доме $W_{AC}=269,256$ кВт · ч.

Определим необходимую энергию для потребления всеми системами дома W_{DC} , кВт · ч, для этого необходимо умножить коэффициент потерь на общее энергопотребление дома:

$$W_{DC} = 1,2W_{AC} = 269,25 \cdot 1,2 = 323,1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

где коэффициент потерь равен 1,2 (так как происходит преобразование постоянный ток в переменный).

В разное время года количество солнечной энергии (или инсоляция) очень изменчиво. В связи с этим необходимо рассчитать выработку энергии по месяцу с наименьшим количеством солнечных дней.

Так как загородный дом находится на территории Ленинградской области, то необходимо определить месяц с минимальным количеством солнечной энергии на данной местности (таблица 14). Таким месяцем является декабрь [47].

Таблица 9 – Средний месячный уровень солнечной радиации

Средний месячный уровень солнечной радиации в Санкт-Петербурге и Ленинградской области, кВт · ч/м ²												
Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	За год
0,35	1,08	2,36	3,98	5,46	5,78	5,61	4,31	2,6	1,23	0,5	0,2	2,8

Количество энергии определяется по формуле:

$$W = \frac{kW_{DC}E}{1000},$$

где E - это значение инсоляции за выбранный период, k - коэффициент в летний период равный 0,5, а в зимний 0,7. Коэффициент включает угол падения лучей на модуль, на протяжении 24 часов и нагрев самих панелей. Так же наличие разницы между летним и зимним периодом характеризуется малым нагревом солнечных элементов.

Рассчитаем количество энергии для нашего загородного дома для лета:

$$W = \frac{0,5 \cdot 323,1 \cdot 0,93 \cdot 100}{1000} = 15,024,$$

Для зимы:

$$W = \frac{0,7 \cdot 323,1 \cdot 0,93 \cdot 100}{1000} = 21,034.$$

Определим емкость аккумуляторной батареи (АКБ). Расчетная мощность определяется делением суммарной мощности потребителей на произведение глубины разряда аккумулятора в долях:

$$C = \frac{W}{m(U_{\text{АКБ}} \cdot n)},$$

где m - количество дней в неделю.

Возьмем $U_{\text{АКБ}} = 12 \text{ В}$, а $n=50\%$ и рассчитаем емкость:

$$C = \frac{12,5}{6(12 \cdot 0,5)} = 0,33 \text{ А} \cdot \text{ч}, \quad C = \frac{15,5}{6(12 \cdot 0,5)} = 0,43 \text{ А} \cdot \text{ч}.$$

В расчете емкости батареи необходимо учитывать дни, когда приборы будут питаться исключительно от АКБ. Для этого умножим получившуюся емкость АКБ на число дней без солнца:

$$C_{\Sigma} = C \cdot l,$$

где l - количество пасмурных дней.

Максимальное количество пасмурных дней подряд в Ленинградской области – 25. Тогда:

$$C_{\Sigma} = 0,33 \cdot 25 = 8,25 \text{ А} \cdot \text{ч}; \quad C_{\Sigma} = 0,43 \cdot 25 = 10,75 \text{ А} \cdot \text{ч}.$$

АКБ будет служить до тех пор, пока он будет работать совместно с контроллером заряда, который в свою очередь служит защитой от переизбытка заряда или наоборот полной разрядки батареи. Рассмотрим ситуацию, когда АКБ полностью разряжается, то контроллер уменьшает ток, вырабатываемый солнечной панелью. А когда батарея исчерпывает свой запас электроэнергии, то контроллер останавливает подачу электричества к приборам.

5.2 Расчет ветрогенератора для загородного дома

В первую очередь рассмотрим, преобразование потока ветра в электрическую энергию и сколько энергии можно получить.

По следующей формуле можно рассчитать энергию (силы указаны на рисунке 10)[44]:

$$P = V^3 \rho S,$$

где V - скорость ветра, м/с; ρ - плотность воздуха, кг/м³, S - площадь воздействия воздушного потока, м².

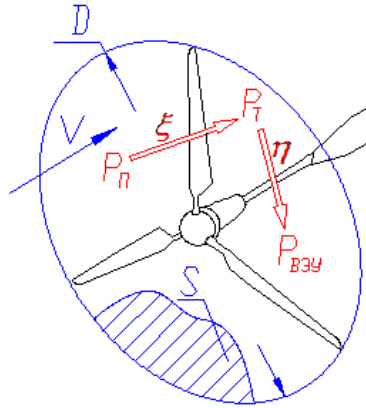


Рисунок 10 - Ветрогенератор

Для более точного расчета нужно воспользоваться следующей формулой:

$$P = 0,5 \cdot \xi \cdot \pi \cdot V^3 \rho \cdot S \cdot R^2 \cdot \eta_{ред} \cdot \eta_{ген},$$

где ξ - коэффициент использования энергии ветра; R - радиус ротора, м; V - скорость воздушного потока, м/с; ρ - плотность воздуха, кг/м³; $\eta_{ред}$ - КПД редуктора, %; $\eta_{ген}$ - КПД генератора, %.

Так как нам необходимо обеспечить весь дом независимым источником энергии, необходимо знать потребности электроэнергии, расчет приведен в таблице 13. Определили верхний предел нагрузки (т.е. максимальное электропотребление здания), а также продолжительность этой максимальной нагрузки [45].

При размещении ВЭУ соблюдаются следующие условия:

- учет турбулентности;
- установка на открытых участках.

И так как мы хотим полностью заменить общую сеть альтернативным источником энергии, то можно рассмотреть гибридную систему ВЭС и солнечные батареи. Результат расчета ВЭУ представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Расчет ветрогенератора

Номинальная мощность, кВт		30,18
Диаметр ветротурбины, м		15
Скорость ветра, м/с		9
КПД генератора, %		85
Коэффициент ветроиспользования, %		45
$V_{cp}, \text{м/с}$	$P_{cp}, \text{кВт}$	$W_M, \text{кВт} \cdot \text{ч}$
3	2,26	1627
4	4,876	3511
5	8,203	5906
6	11,982	8627
7	15,717	11316

5.3 Гибридная система электроснабжения

Для обеспечения корректной работы системы гибридного электроснабжения применяются индивидуальные алгоритмы, разработанные конкретно под ее задачи и состав оборудования. В зависимости от нужд системы в текущий момент времени управляющий контроллер производит выбор самого актуального алгоритма, тем самым обеспечивая работу системы в нужном режиме. Гибридную систему электроснабжения условно можно разделить на три отдельных процесса: процесс генерации энергии, дальнейшее ее преобразование с последующим распределением и аккумуляцией излишек для обеспечения так называемого "отложенного спроса".

Основной задачей управляющего оборудования и его алгоритмов является обеспечение согласованности работы перечисленных выше системных процессов. Важным фактором является выбор типа структуры системы и общей концепции управления ей, а также схемы соединения разных генерирующих

узлов в единую автономную сеть. На рисунке 13 представлена наиболее распространенная схема сопряжения оборудования.

Цифрами на рисунке 11 обозначены: 1 – ветряная турбина; 2, 6 – электрический генератор; 3, 7 – выпрямитель; 4 – импульсный преобразователь постоянного напряжения; 5 – дизельный мотор; 8 – шина постоянного напряжения; 9 – инвертор напряжения; 10 – потребители электроэнергии постоянного тока; 11 – распределительная сеть 240 В (380 В); 12 – потребители электроэнергии переменного тока; 13 – ФЭП; СУ – система управления

К особенностям такой схемы подключения можно отнести то, что дизельный генератор подключен напрямую к распределительной сети системы через шину переменного тока, а ветряная электроустановка – через промежуточную шину постоянного тока. Это обеспечивает уменьшение потерь энергии и мощности дизельгенератора на операции преобразования в инверторе напряжения. Также, в отличие от других способов коммутации оборудования, имеется возможность зарядки аккумуляторных батарей силами дизельного генератора через преобразующее устройство. Тем самым обеспечивается стабильность работы всей энергосистемы независимо от погодных условий, таких как высокая облачность либо штиль.

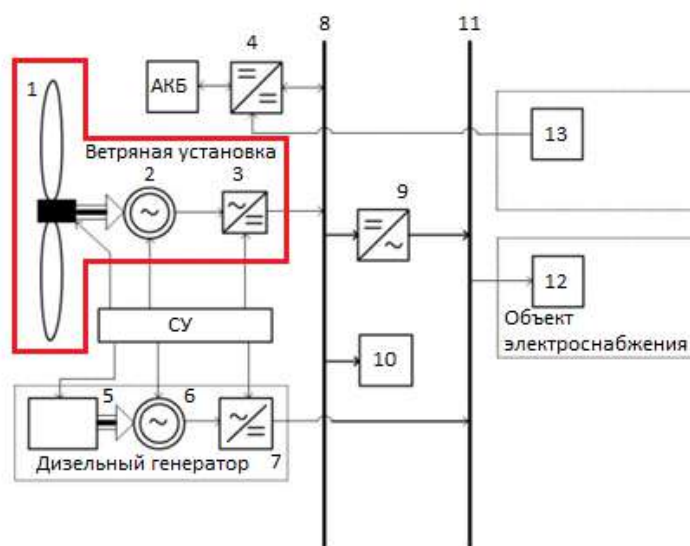


Рисунок 11 – Блок-схема гибридной системы электроснабжения

6 Специальные вопросы обеспечения безопасности

6.1 Расчет электрической сети жилого объекта

Основные положения, с помощью которых выполняется расчет электрической сети [14, 15]:

- 1) при нагрузке расчетного тока выше допустимого значения провода не должны нагреваться;
- 2) по ГОСТ 32144-2013 в допустимых пределах должно находиться отклонение напряжения на зажимах энергопотребителей.
- 3) для определенного вида электропроводки механическая прочность провода должна быть не меньше допустимой [1].

Справочные данные по кабелям и автоматическим выключателям, а также таблицы нагрузок считаются основой для расчета сети. Расчет площади сечения жил проводов сетей выполняется по механической прочности, потере напряжения и по нагреву, из полученного результата выбирается наибольший и округляется до ближайшей стандартной площади сечения.

Чтобы обеспечить необходимую механическую прочность при стационарной прокладке, монтаж сети нужно делать медными проводами сечением не меньше $2,5 \text{ мм}^2$, согласно ПУЭ [1].

Требования пожарной и электрической безопасности должны предусматриваться в вопросах выбора проводки и метода прокладки проводов и кабелей. Сечения выбираются из условия допустимого нагрева электрическим током [1].

Условия нагрева проводов длительным расчетным током имеет вид:

$I_{\text{Д}} \geq I_{\text{Р}}$, где $I_{\text{Д}}$ – допустимый длительный ток для провода или кабеля при нормальных условиях прокладки, определяемый по таблицам допустимых токовых нагрузок на провода и кабели.

Так как $I_{\text{Р}} = 4,25 \text{ А}$, то ближайшее стандартное сечение, удовлетворяющее всем условиям – $2,5 \text{ мм}^2$.

Расчет сети по потере напряжения производят по наиболее удаленному источнику.

Негативное влияние на работу энергопотребителя оказывает скачки напряжения на зажимах, если сравнивать в номинальным.

Отклонение напряжения - разность между действительным и номинальным значениями напряжения.

$$\delta U = \frac{U - U_H}{U_H} 100\%$$

Бесспорно, что чем меньше отклонение напряжения на зажимах, тем выше качество напряжения.

ГОСТ 13109-97 устанавливает наибольшие допустимые отклонения напряжения на зажимах энергопотребителей:

- электродвигатели: +10...–5% ;
- лампы рабочего освещения промышленных предприятий и общественных зданий, лампы прожекторных установок: +5...–2,5% ;
- энергопотребители сельских сетей: +7,5...–7,5% .

При заданном сечении линии потеря напряжения в ней (%) может быть определена как произведение удельной потери напряжения ΔU_0 (таблица 11) на момент нагрузки $M = P_l l$:

$$\Delta U = \Delta U_0 M = \Delta U_0 P_l l = 31,1 \cdot 1,1 \cdot 0,25 = 8,55\% ,$$

где $\Delta U_0 = 31,1 \frac{\%}{\text{кВт}\cdot\text{км}}$ для медного провода сечением 2,5 мм²;

$l \approx 250 \text{ м} = 0,25 \text{ км}$ - длина линии, которая считается от щита до наиболее удаленного потребителя.

Таким образом подобранный провод сечением 2,5 мм² удовлетворяет условию по потере напряжения.

Таблица 11 – Таблица удельных потерь напряжения

Материал провода или жилы кабеля	Номинальное сечение, мм ²	При номинальном напряжении, В					
		220	127	110	48	36	24
		% / кВт·км			% / кВт·м		
Медь	1,0	77,7	233,0	311,0	1,63	2,90	6,52
	1,5	51,7	155,0	206,0	1,08	1,93	4,32
	2,5	31,1	93,3	125,0	0,653	1,16	2,61
	4,0	19,2	57,9	76,8	0,403	0,717	1,61
	6,0	12,7	38,1	50,6	0,265	0,472	1,06
	10,0	7,61	22,8	30,4	0,160	0,284	0,640
	16,0	4,96	14,9	19,8	0,104	0,185	0,416
	25,0	3,06	9,18	12,2	0,0642	0,114	0,257
	35,0	2,23	6,69	8,93	0,0468	0,0833	0,187
	50,0	1,61	4,83	6,45	0,0338	0,0602	0,135
	70,0	1,16	3,48	4,63	0,0243	0,0432	0,0972
	95,0	0,87	2,48	3,31	0,0173	0,0309	0,0692
Алюминий	2,5	52,8	158,0	213,0	1,11	1,97	4,44
	4,0	33,1	99,3	132,0	0,693	1,23	2,77
	6,0	22,0	66,0	88,0	0,462	0,823	1,86
	10,0	13,2	39,6	52,8	0,277	0,494	1,11
	16,0	8,18	24,5	32,7	0,172	0,306	0,688
	25,0	5,29	15,9	21,2	0,111	0,198	0,444
	35,0	3,80	11,4	15,2	0,0798	0,142	0,319
	50,0	2,64	7,92	10,6	0,0555	0,0987	0,222
	70,0	1,90	5,70	7,60	0,0400	0,0710	0,160
	95,0	1,45	4,35	5,62	0,0236	0,0416	0,0944
	120,0	1,15	3,45	4,46	-	-	-

6.2 Расчет автоматических выключателей

Во внутренних сетях зданий (общественных и жилых), как правило, следует применять автоматические выключатели с комбинированными расцепителями. В настоящее время практически все системы распределения электроэнергии включают миниатюрные автоматические выключатели, которые вытеснили применявшиеся прежде плавкие вставки [31]. По номинальному напряжению и току совершается выбор автоматических выключателей, с выполнением следующих условий:

$$U_{\text{на}} \geq U_{\text{нс}} ,$$

где $U_{\text{на}}$ – номинальное напряжение автоматического выключателя; $U_{\text{нс}}$ – номинальное напряжение сети;

$$I_{\text{на}} \geq 1,1 \div 1,25; I_{\text{р}} = 1,25 \cdot 4,25 = 5,32 \text{ А} – \text{электропривод ворот};$$

$$I_{\text{на}} \geq 1,1 \div 1,25; I_{\text{р}} = 1,25 \cdot 9,7 = 12,13 \text{ А} – \text{энергопотребитель},$$

где $I_{\text{на}}$ – номинальный ток автоматического выключателя; $I_{\text{р}}$ – длительный расчетный ток линии.

По типу кривой отключения производится выбор автоматического выключателя: согласно ГОСТ Р 50345-99, автоматические выключатели делятся на следующие типы по току мгновенного расцепления:

I. тип В: свыше $3I_{\text{н}}$ до $5I_{\text{н}}$ включительно (где $I_{\text{н}}$ – номинальный ток);

II. тип С: свыше $5I_{\text{н}}$ до $10I_{\text{н}}$ включительно;

III. тип D: свыше $10I_{\text{н}}$ до $50I_{\text{н}}$ включительно.

Предпочитается автоматический выключатель с кривой отключения типа С, предназначенный для защиты цепей общего применения.

6.3 Монтаж сети освещения

Кабель освещения выходит от щита в ПВХ гофротрубе, за подвесной потолок в вертикальной штробе [5].

Питающий группу освещения кабель отходит от щита, в вертикальной штробе вверх за подвесной потолок, в ПВХ гофротрубе [5]. Проводится относительно планов прокладки по потолку каждой группы освещения на первый светильник. Для остальных групп освещений светильников кабель проводится аналогично, в ПВХ гофротрубе по потолку, а также горизонтально на уровне осветительного прибора. Проводка выполняется кабелем с медными жилами типа ВВГ-нг и NYM-нг сечением $1,5 \text{ мм}^2$.

Необходимость в и применении двух типов кабелей одного сечения объясняется особенностями кабеля NYM:

- заполнитель кабеля NYM не гигроскопичен, а изоляция очень плотно прилегает к кабелю, что препятствует проникновению влаги - можно применять во влажных помещениях, например, в ванных комнатах, в деревянных домах [5].

- конструкция кабеля имеет высокий индекс кислородности (КИ), который отражает минимальное количество кислорода для поддержания горения. Благодаря такой конструкции повышается пожаробезопасность кабеля.

Чтобы управлять освещением в здании, использована автоматическая система Умный Дом, в которой применяется кнопочным "интеллектуальным" выключателем. Высота установки выключателей берется 90см от чистого пола. От края стены или дверного проёма берется 20 см, в горизонтальном направлении, до центра первого в блоке подрозетника.

6.4 Монтаж силовой сети

Из щита ГРЩ выходит кабель в штробе вниз и укладывается в полу в ПВХ гофротрубе, он снабжает питающую группу электроснабжения. С пола вертикальным подъёмом в штробе до первой розетки [14]. На последующие розетки кабель прокладывается так же в ПВХ гофротрубе по полу, согласно указаниям, на планах прокладки (схема подключения розеток представлена на рисунке 12). Горизонтальные размеры принимаются 20 см от края стены или дверного проёма до центра первого в блоке подрозетника. Электропроводка выполнена кабелем с медными жилами типа ВВГнг и NYM-нг сечением 2,5 мм². Соединение жил кабелей осуществляется проходным образом в розетках, причем совмещение жил заземления реализуется отдельным отводом с применением клеммной колодки. Запрещается прокладка кабелей внутри стен под углом, отличным от вертикального и горизонтального направления (Приложения К, Л, М).

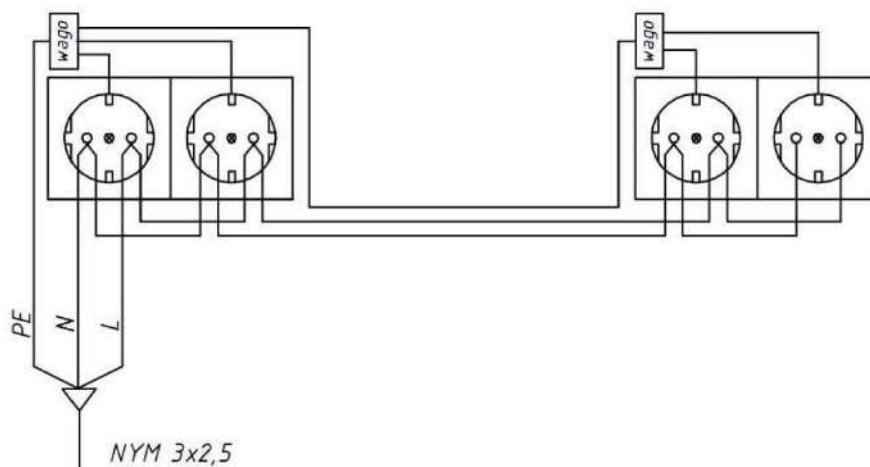


Рисунок 12 – Схема подключения розеток

6.5 Противопожарная безопасность

Пожарная безопасность гарантируется следующим:

- от тока КЗ и перегрузок выбирается автомат защиты электрических цепей;
- система заземления электроустановок выбирается типом TN-C-S (нулевой рабочий и защитный проводники работают раздельно);
- использованием приборов защитного и противопожарного отключения УЗО [3].

6.6 Заземление

Молниезащита здания выполняется в соответствии с инструкцией СО 153-34.21.122-2003 [2] по III категории. Проектом предусмотрена система заземления TN-C-S. В качестве ГЗШ (главной заземляющей шины) использована стальная полоса $40 \times 4 \text{ мм}^2$ смонтированная под щитом АВР и ГРЩ и имеющая двойное соединение с контуром заземления вокруг здания. Для заземления открытых проводящих частей электрооборудования используется РЕ-жила питающих кабелей. В качестве заземляющего устройства используется искусственный контур заземления, монтируемый у жилого дома, с сопротивлением за-

земляющего устройства не более 10 Ом, что необходимо для организации повторного заземления нулевого провода на вводе в объект.

Удельное сопротивление грунта [2]:

$$\rho_B = K_B \rho = 1,5 \cdot 100 = 150 \text{ Ом/м},$$

$$\rho_\Gamma = K_\Gamma \rho = 5 \cdot 100 = 500 \text{ Ом/м},$$

где ρ – удельное сопротивление грунта при нормальной влажности (100 Ом/м для суглинков полутвердых или лессовидных); K_B – коэффициент сезонности для вертикальных заземлителей, учитывающих промерзание и просыхание грунта; K_Γ – коэффициент сезонности для горизонтальных заземлителей, учитывающих промерзание и просыхание грунта (при глубине заложения 0,5 м).

Сопротивление растеканию тока вертикального электрода [2]:

$$\begin{aligned} R_B &= K_1 \frac{\rho_B}{2\pi L_B} \left(\ln \frac{2L_B}{K_G d} + 0,5 \ln \frac{4L_B + 7t}{L_B + 7t} \right) = \\ &= 1,9 \cdot \frac{150}{18,85} \left(\ln \frac{6}{0,95 \cdot 0,04} + 0,5 \ln \frac{12 + 13,3}{3 + 13,3} \right) = 79,86 \text{ Ом} \end{aligned}$$

где K_1 – расчетный коэффициент промерзания для вертикальных электродов (для климатической зоны I = 1,9), $K_G = 0,95$ для уголкового вертикального электрода), d – диаметр вертикального электрода или длина полки уголка, t – средняя глубина заложения (от поверхности земли до середин вертикальных электродов).

Сопротивление растеканию тока горизонтальной соединяющей полосы:

$$R_\Gamma = K_2 \frac{\rho_\Gamma}{2\pi L_\Gamma} \ln \frac{1,5L_\Gamma}{\sqrt{bh}} = 5,6 \cdot \frac{500}{251,32} \cdot \ln \frac{80}{0,167} = 68,7 \text{ Ом},$$

где K_2 – расчетный коэффициент промерзания для горизонтальной полосы (для выбранной климатической зоны 5,6); L_Γ – длина соединяющей полосы; b – ширина соединяющей полосы; h – глубина прокладки.

Полное сопротивление растеканию заземлителя [2]:

$$R_{об} = \frac{R_B R_\Gamma}{\eta_1 R_\Gamma + \eta_2 n R_B} = \frac{79,86 \cdot 68,7}{0,7 \cdot 68,7 + 0,84 \cdot 10 \cdot 79,86} = 7,63 \text{ Ом},$$

где η_1 – коэффициент использования протяженных заземлителей; η_2 – коэффициент использования вертикальных заземлителей; n – количество вертикальных заземлителей.

Согласно представленным расчетам, для создания контура заземления достаточно забить десять вертикальных электродов (стальной уголок 50x50x5м) и соединить электроды горизонтальным заземлителем (стальная полоса 4x40) общей длиной 80 м.

Сопrotивление растеканию заземляющего устройства равняется 7,6 Ом, что соответствует допустимой норме повторного заземления нулевого провода на вводе в объект – не более 10 Ом.

Устройство заземления.

Полосу стальную 40x4 проложить по периметру здания на глубине 0,7 м на расстоянии не менее 0,5 метра от фундамента здания. Полосу соединить со спусками от молниеприемной сетки кровли здания и с заземлителями системы молниезащиты. В качестве заземлителей применить 10 стальных уголков 50x50x5 заглублённых на 3 метра и более. В помещениях с ГРЩ и котельной на стенах расположения оборудования проложить полосу стальную сечением 40x4 мм на высоте 1метр, закрепить полосу с зазором 1 см от стены для удобства болтового подключения и соединить в двух местах полосой стальной 40x4 мм с проектируемым контуром заземления вокруг фундамента согласно требованиям ПУЭ [1]. Согласно рекомендациям, СО 153-34.21.122-2003, использовать общий контур для системы заземления и молниезащиты. Соединения кабелей заземления оборудования с полосой заземления выполнить наконечником под болт, соединения полосы - сваркой внахлест с обваркой периметра соединения. Сварные соединения, находящиеся в земле обработать антикоррозийным покрытием, полосу заземления, находящуюся в помещении покрасить зелёной краской с нанесением жёлтой полосы или знаков заземления.

6.7 Молниезащита

Согласно, СО 153-34.21.122-2003 [2], молниезащиту планируется осуществить по 3-ей категории молниеприемной сетью из стали круглой горячекатанной диаметром 8 мм с шагом ячейки не больше 12 метров. В качестве молниеприемников можно применить штыри из арматурной стали сечением не меньше 16 мм или металлические элементы крыши, размещенные выше других. Спуски от молниеприемной сетки проложить с шагом не больше 20 метров по фасаду здания по кратчайшим трассам на максимальном возможном удалении от дверей и окон. Допустимо крепление проволоки под ливнестоки или внутри них. Общий контур заземления применяется как заземлитель молниеприёмной сетки.

6.8 Защитные меры электробезопасности

Согласно ПУЭ [7] части электроустановки должны быть недоступны для прикосновения, а открытые и сторонние проводящие части, которые доступны к прикосновению, не должны находиться под напряжением, представляющим угрозу поражения электрическим током, как в нормальном режиме работы электроустановки, так и при повреждении изоляции. Таким образом для защиты от поражения электрическим током должны быть применены (что учитывается данным проектом) по отдельности или в сочетании следующие меры защиты от прямого прикосновения:

- автоматическое отключение питания;
- основная изоляция электрооборудования;
- применение устройства защитного отключения (УЗО с током не более 30мА) в цепях питания бытовых розеток, освещения и части технологического оборудования;
- двойная или усиленная изоляция электрооборудования;
- уравнивание и выравнивание потенциалов;

- защитное электрическое разделение цепей.

6.9 Организация эксплуатации электроустановок

- Все применяемые электрические приборы должны соответствовать ГОСТ 275700 «Безопасность бытовых и аналоговых приборов» [9];
- Измерение сопротивления изоляции, целостности нулевых, защитных проводников и проверка работоспособности средств защиты должно выполняться в установленные сроки специалистами, имеющими лицензию на право данной деятельности;
- Запрещается изменять самостоятельно электрическую схему подключения, устанавливать защитные автоматы других номиналов без согласования с электроснабжающей организацией;
- При работе с электроинструментом использовать ручные машины с двойной или усиленной изоляцией;

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассмотрен вопрос проектирования автоматизированной системы «Умный Дом».

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи:

- произведен выбор и размещение электрооборудования в загородном доме, удовлетворяющий критерию по максимально разрешенной мощности;
- выполнен светотехнический расчет помещений, благодаря которому было рассчитано количество светильников необходимое для освещения помещений;
- осуществлен электрический расчет осветительной сети, с помощью которого была вычислена мощность осветительного оборудования, выбраны кабели, питающие светильники;
- разработаны схемы освещения и розеток и представлены в приложениях;
- проведен анализ плана здания с целью выделения объектов автоматизации;
- рассчитан и составлен план энергоснабжения с учетом добавленных элементов энергопотребления;
- составлен проект системы автоматизации, описывающий необходимые инженерные подсистемы, их параметры и выполняемые функции;
- проведен анализ и расчет альтернативных источников энергии.

В последнем разделе работы особое внимание уделено специальным вопросам обеспечения безопасности здания, указаны решения обеспечения противопожарной безопасности,

В данном разделе работы описаны защитные меры электробезопасности и организации эксплуатации электроустановок. Включен расчёт сопротивления растекания тока и удельного сопротивления грунта, дано описание и расчет заземляющего устройства. Устройство молниезащиты подобрано согласно нормативным документам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование электроустановок квартир с улучшенной планировкой и коттеджей (на базе электрооборудования компании Schneider Electric)./ Г.А. Гельман, Г.С. Карлов, В.В. Крючков и [др.] – Schneider Electric: Выпуск 11, октябрь 2007г. – 240 с.
2. Кабышев А.В. Расчет и проектирование систем электроснабжения./ А.В. Кабышев, С.Г. Обухов – справочные данные по электрооборудованию: Учеб. пособие. Томск: ТПУ, 2005. – 168 с.
3. СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий - М.: Стандартинформ, 2003.
4. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение - М.: Стандартинформ, 1995.
5. ВСН-59-88. Электрооборудование жилых и общественных зданий. Нормы проектирования - М.: Стандартинформ, 1995.
6. СН-541-82. Инструкция по проектированию наружного освещения городов, поселков и сельских населенных пунктов - М.: Стандартинформ, 1982.
7. ПУЭ-7 Глава 1.7. Заземление и защитные меры электробезопасности - Изд-во Норматика, 2013.
8. СНиП 3.05.06 – 85. Электротехнические устройства - М.: Стандартинформ, 1985.
9. ГОСТ Р 50571.10-96 Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства и защитные проводники. Часть 5 - М.: Стандартинформ, 1997.
10. СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций- М.: Стандартинформ, 2003.
11. Кнорринг Г.М. Справочная книга для проектирования освещения./ Г.М. Кнорринг, И.М. Фадин, В.Н. Сидоров – СПб: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отделение, 1992. – 448 с.: ил.
12. Правила Технической Эксплуатации Электроустановок Потребителей

(ПТЭЭП).

13. Нойферт П. Проектирование и строительство. Дом, квартира, сад./ П. Нойферт, Л. Нефф. – М.: Изд-во «Архитектура-С», 2005. – 264 с.: ил.

14. Карпов Ф.Ф. Как выбрать сечение проводов и кабелей./ Изд. 3-е, М.: Энергия, 1973. – 72 с.: ил.

15. Каталог электротехнической продукции фирмы Legrand/ Режим доступа: <http://grand-energo.ru/legrand1> (Дата обращения: 20.07.2016).

16. Каталог электротехнической продукции фирмы АВВ / Режим доступа: <http://www.energoprime.ru/manufactures/ABB> (Дата обращения: 15.02.2017).

17. СО-153-34.03.603-2003 Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках - М.: Стандартинформ, 2003.

18. ГОСТ 22483-2012 Жилы токопроводящие для кабелей, проводов и шнуров - М.: Стандартинформ, 2012.

19. Алексеева О.Г. Методические указания по экономическому обоснованию ВКР: Метод. Указания – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. – 16с.

20. Семенова В.М. Экономика предприятия: учебник. – М.: Центр экономики и маркетинга, 2004.

21. Шугаев С. Система умный дом / С. Шугаев – автоматизация технологических процессов: Выпуск №2, 2013г. – 15–17 с.

22. Шишкин С. Умный дом на программируемых логических / С. Шишкин – CONTROL ENGINEERING РОССИЯ: Выпуск №6, 2014. – 25–29 с.

23. Гололобов В. Н. «Умный дом» своими руками / В. Н. Гололобов. – Москва: НТ Пресс, 2007. – 416 С.

24. Марк Э. С. Практические советы и решения по созданию «Умного дома» / Э. С. Марк. – Москва: НТ Пресс, 2007. – 421 с.

25. «X 10 Home Security Systems». Jefferson Technology Presss.: 2006.

26. «Easy X10 Projects For Creating A Smart Home». Indy-Tech Pub.: 2005.

27. «Home Automation Made Easy». Que Publishing; 1 edition.: 2013.

28. «Insteon: Smarthomes For Everyone». iUniverse.: 2009.

29. «Building Wireless Sensor Networks: with ZigBee, XBee, Arduino, and Processing». O'ReillyMedia; 1 edition.: 2011.
30. Костин В.Н. Передача и распределение электроэнергии: учеб. пособие/ В.Н. Костин, Е.В. Распопов, Е.А. Родченко – СПб.: СЗТУ, 2003 – 147 с.
31. Элсенпитер, Т.Р. «Умный Дом строим сами» / Т.Р. Элсенпитер, Велт Дж – КУДИЦ-ОБРАЗ, 2005. - 384с.
32. Указатель каталогов Минэлектропрома – М.: 2000.
33. Коллектив фирмы Crestron. Система домашней автоматики.: 2009.
34. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения- М.: Стандартинформ, 2013.
35. Карпов Ф.Ф. Справочник по расчету проводов и кабелей 3-е изд., переработанное и дополненное. – М.: Энергия, 1969. - 264 с., ил.
36. Харке В.Н. Умный дом. Объединение в сеть бытовой техники и систем коммуникаций в жилищном строительстве – М.: Техносфера, 2006. - 292с
38. Архипов В.П. «Системы для «интеллектуального» здания» - "Строй-Маркет". – № 45 1999 г. Ключев, А.С. Настройка средств автоматизации и автоматических систем регулирования:/ Справочное пособие, 2-е издание, М., Энергоиздат. 108 с. 13.
39. Идельчик В.И. Электрические системы и сети – М.: Энергоатомиздат, 1989. - 592 с.
40. Удалов С. Н. Возобновляемые источники энергии. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013.- 459 с.
41. Solar Home / Режим доступа: <http://www.solarhome.ru> (Дата обращения: 17.04.2017).
42. Home Power / Режим доступа: <http://www.homepower> (Дата обращения: 27.04.2017).
43. Никитенко Г.В. Ветроэнергетические установки в системах автономного электроснабжения. - Ставрополь: АГРУС, 2008. - 152 с.

44. Усаковский В.М. Возобновляющиеся источники энергии. – М.: Россельмашиздат, 1986. - 126 с.

45. Беляков, П.Ю. Особенности преобразования энергии и задачи управления в электроэнергетических установках на базе возобновляемых источников энергии - Воронеж: Кварта, 2007 - 82с.

46. Афанасьев В. П. Тонкопленочные солнечные элементы на основе кремния./ В. П. Афанасьев, Е. И. Теруков, А. А.Шерченков – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. - 168 с

Приложение А
План первого этажа дома

Инв. 1

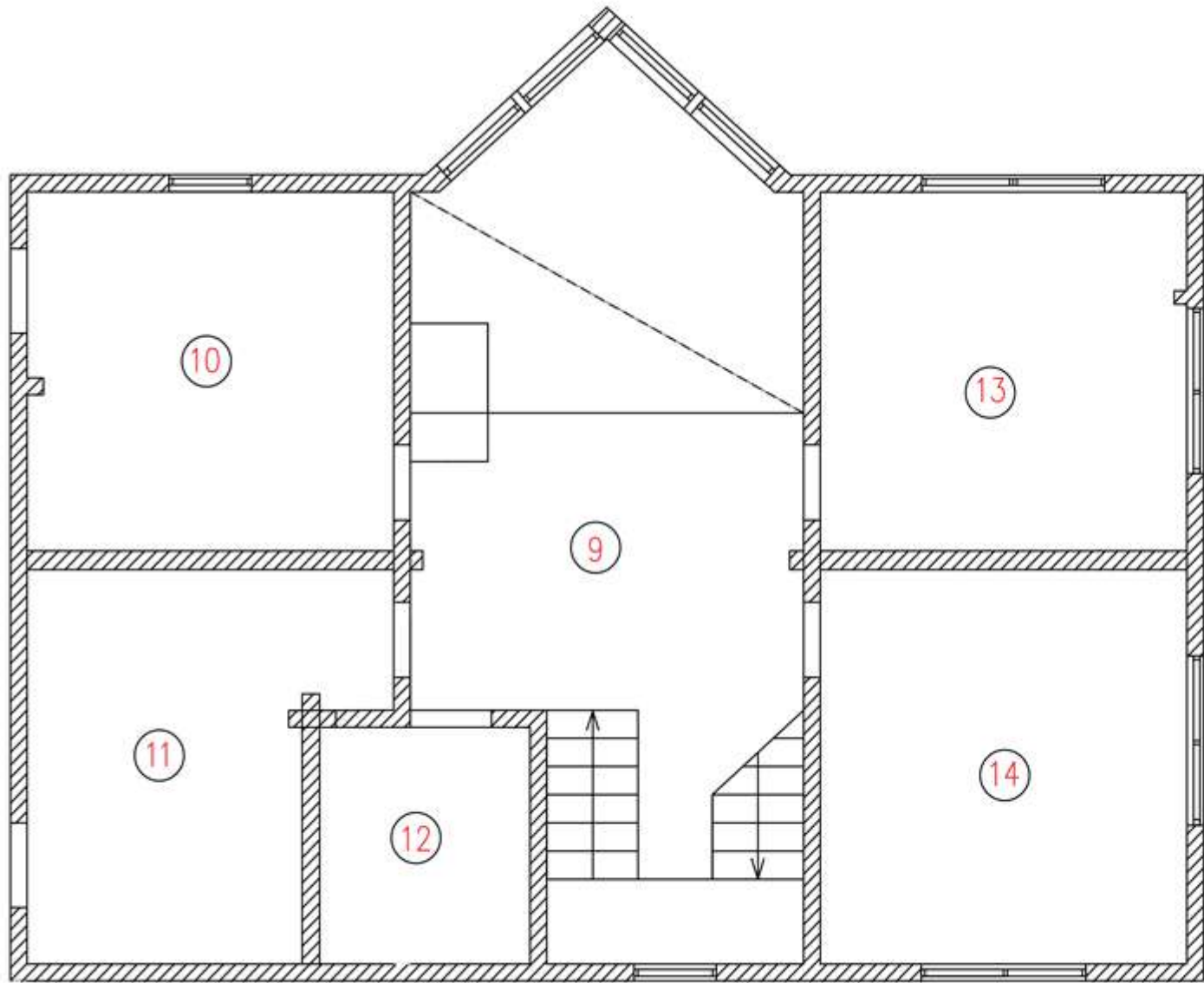
№	Название	Площадь, м ²
1	Прихожая	14,71
2	Котельная	4,55
3	Спальня	12,08
4	Сан узел	3,3
5	Гостиная с лестницей	34,54
6	Столовая	16,67
7	Кухня	16,10
8	Терраса	18,49
Общая площадь		120,64

						Выпускная квалификационная работа					
						План первого этажа			Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата							
Разраб.		Шифрина А.Ю.									
Пров.		Лавров А.Г.									
Т. контр.											
									Лист	Листов	
Н. контр.		Козлова Л.П.				СПбГЭТУ "ЛЭТИ"			гр. 1404		
Утв.											

Формат А3

Приложение Б
План второго этажа дом

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.

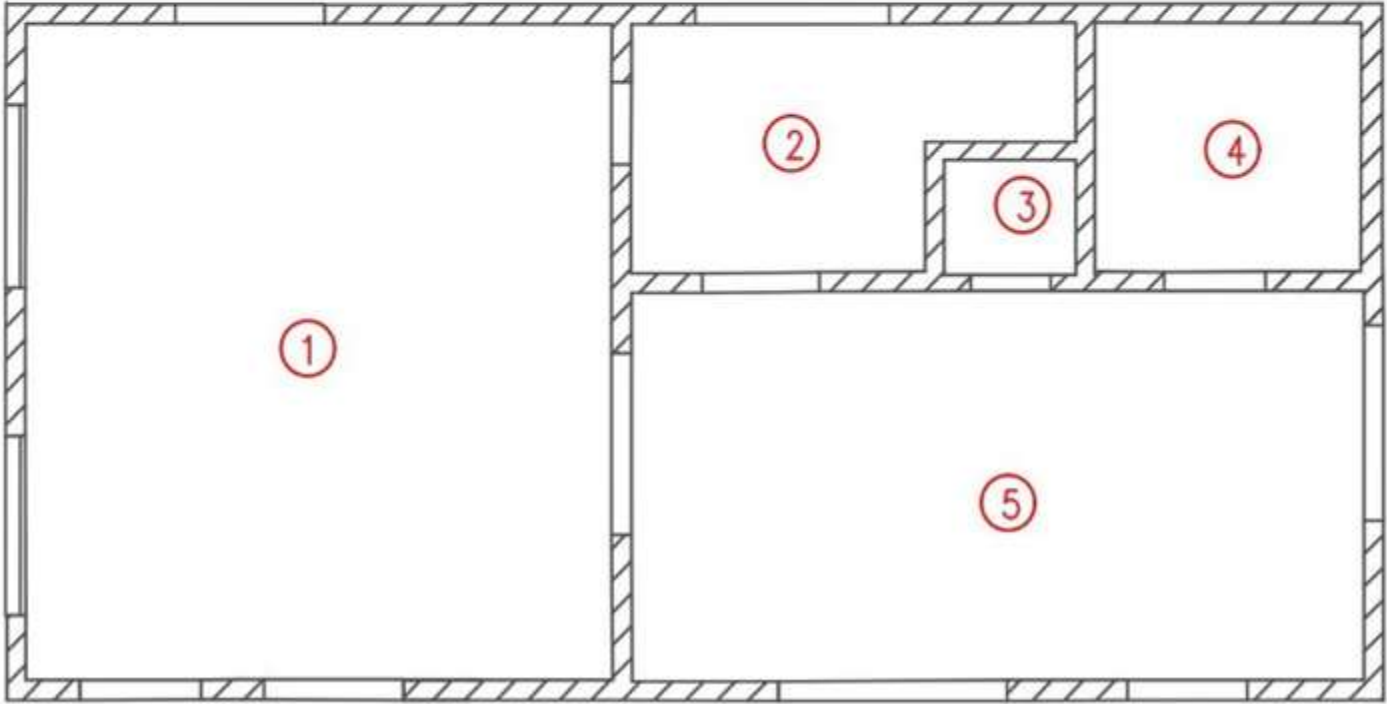


№	Название	Площадь, м²
9	Холл	14,85
10	Спальня	16,1
11	Спальня	12,08
12	Сан узел	5,81
13	Спальня	16,10
14	Спальня	16,10
Общая площадь		81,04

					Выпускная квалификационная работа			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	План второго этажа	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Шифрина А.Ю.							
Пров.	Лавров А.Г.							
Т. контр.						Лист	Листов	
Н. контр.	Козлова Л.П.				СПбГЭТУ "ЛЭТИ"	гр. 1404		
Утв.								

Приложение В
План гаража

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.



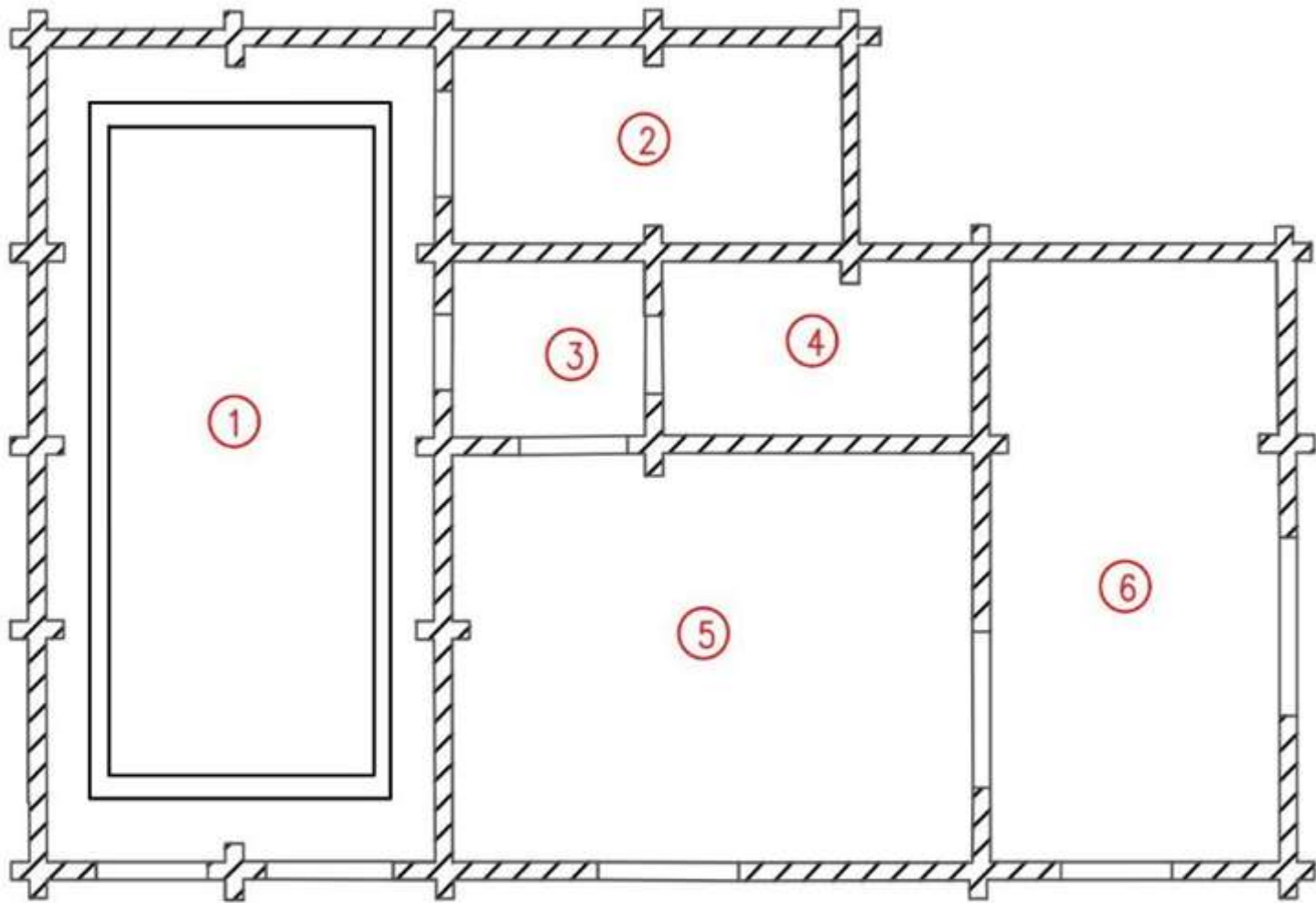
№	Название	Площадь, м ²
1	Гараж	45,2
2	Кладовая	7,7
3	Сан. узел	1,8
4	Котельная	9,9
5	Мастерская	21,8
Общая площадь		86,4

					Выпускная квалификационная работа			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	План гаража	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Шифрина А.Ю.							
Пров.	Лавров А.Г.							
Т. контр.								
Н. контр.	Козлова Л.П.				СПбГЭТУ "ЛЭТИ"	Лист	Листов	
Утв.						гр. 1404		

Приложение Г

План бани

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.



№	Название	Площадь, м²
1	Бассейн	47,35
2	Кладовая	6,71
3	Душ	3,69
4	Сауна	6,84
5	Комната отдыха	18,6600
6	Крыльцо	18,1
Общая площадь		101,35

					Выпускная квалификационная работа					
					План бани	Лит.	Масса	Масштаб		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						
Разраб.	Шифрина А.Ю.									
Пров.	Лавров А.Г.									
Т. контр.						Лист	Листов			
Н. контр.	Козлова Л.П.				СПбГЭТУ "ЛЭТИ"	гр. 1404				
Утв.					Копировал	Формат А3				

Приложение Д
План электрооборудования первого этажа дома

Перв. примен.

Справ. №

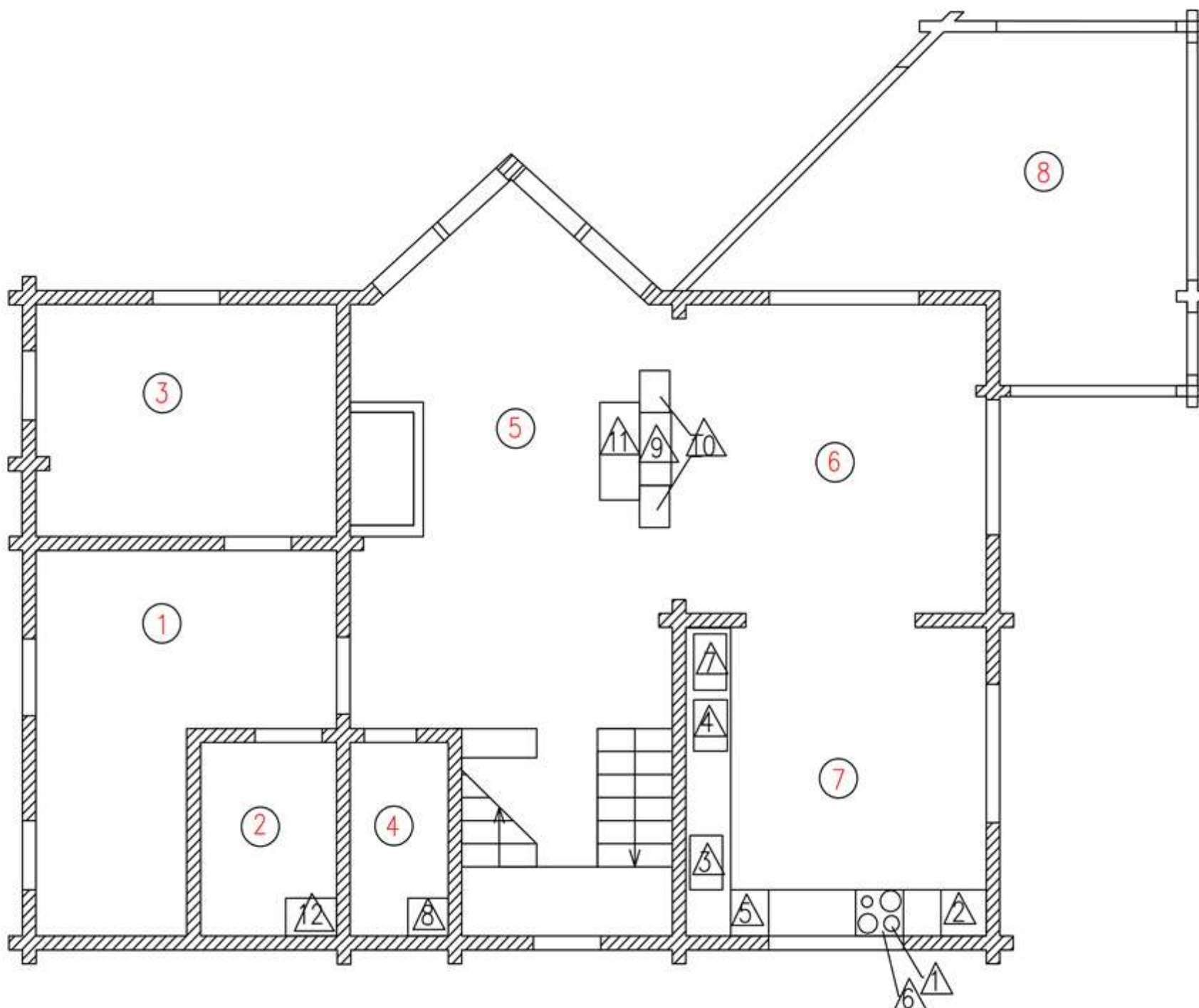
Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.



№	Название	Площадь, м²
1	Прихожая	14,71
2	Котельная	4,55
3	Спальня	12,08
4	Сан узел	3,3
5	Гостиная с лестницей	34,54
6	Столовая	16,67
7	Кухня	16,10
8	Терраса	18,49
Общая площадь		120,64

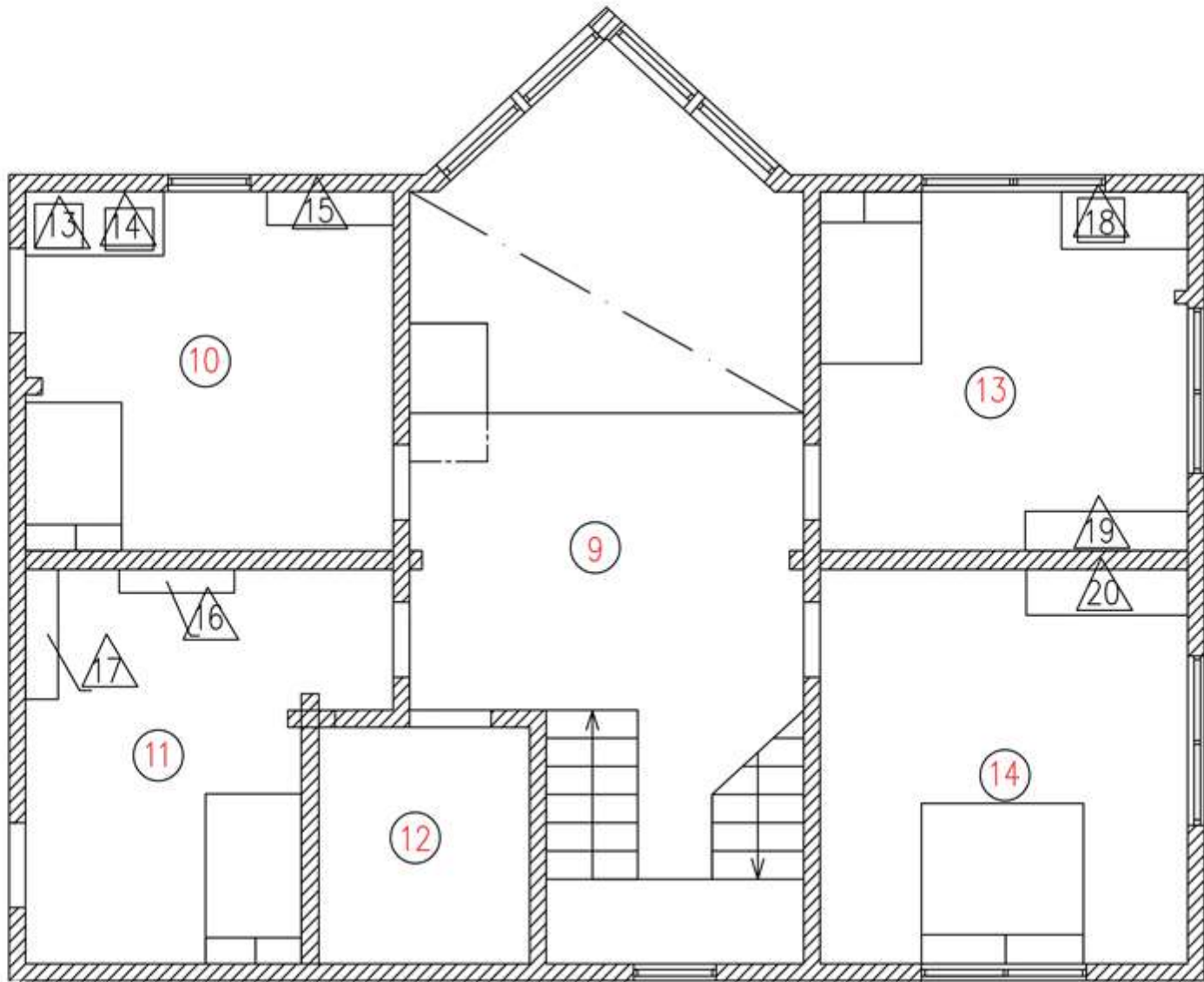
					Выпускная квалификационная работа								
					План эл. оборудования первого этажа				Лит.	Масса	Масштаб		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата									
Разраб.	Шифрина А.Ю.												
Пров.	Лавров А.Г.												
Т. контр.													
					СПбГЭТУ "ЛЭТИ"				Лист		Листов		
Н. контр.	Козлова Л.П.								гр. 1404				
Утв.													

Копировал

Формат А3

Приложение Е
План электрооборудования второго этажа дома

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.



№	Название	Площадь, м²
9	Холл	14,85
10	Спальня	16,1
11	Спальня	12,08
12	Сан узел	5,81
13	Спальня	16,10
14	Спальня	16,10
Общая площадь		81,04

Выпускная квалификационная работа				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Шифрина А.Ю.			
Пров.	Лавров А.Г.			
Т. контр.				
Н. контр.	Козлова Л.П.			
Утв.				
План эл. оборудования второго этажа СПбГЭТУ "ЛЭТИ"				Лит. Масса Масштаб Лист Листов гр. 1404

Приложение Ж
План сети освещения первого этажа дома

Перв. примен.

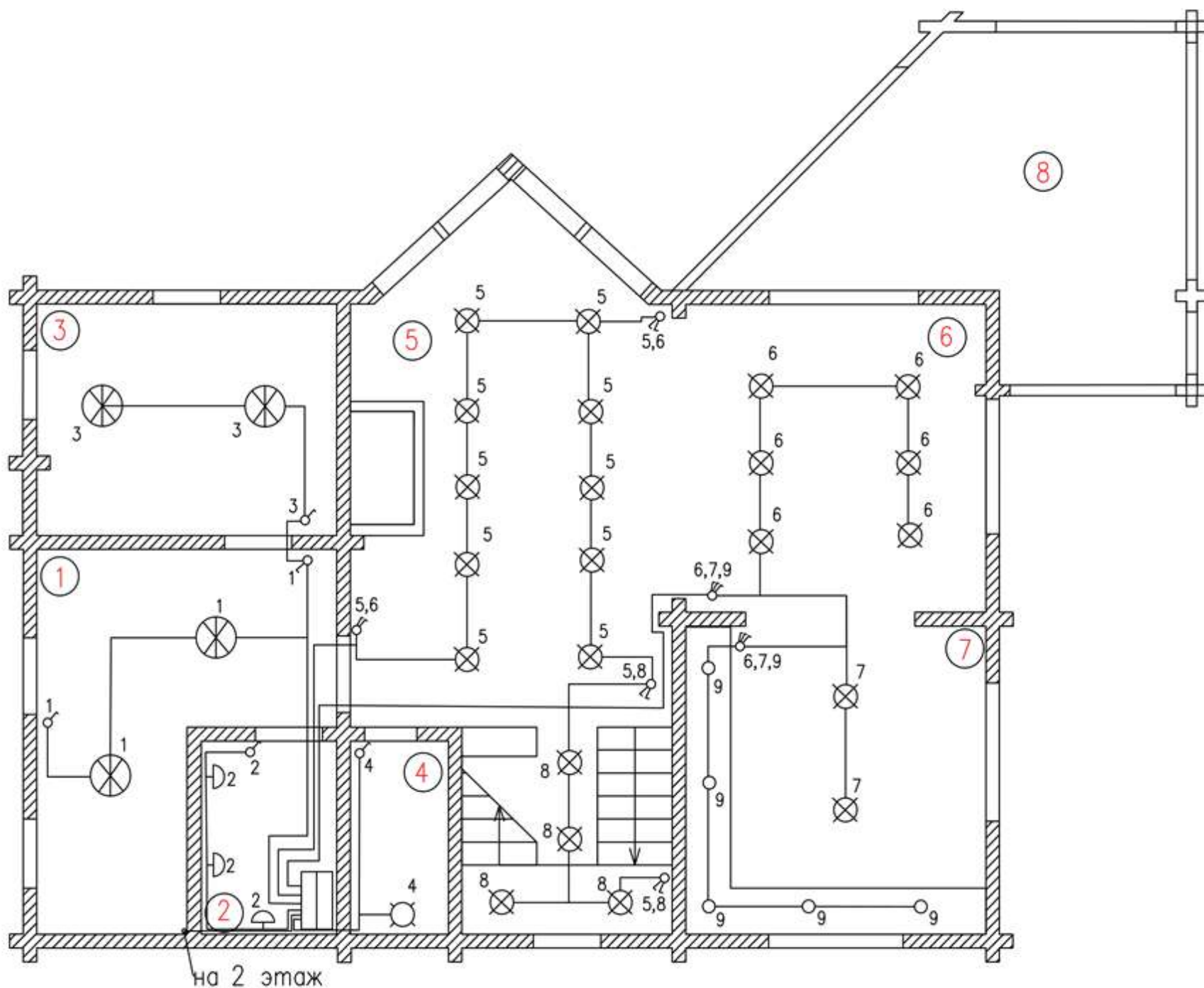
Справ. №

Подп. и дата

Взам. инв. № Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.



№	Название	Площадь, м ²
1	Прихожая	14,71
2	Котельная	4,55
3	Спальня	12,08
4	Сан узел	3,3
5	Гостиная с лестницей	34,54
6	Столовая	16,67
7	Кухня	16,10
8	Терраса	18,49
Общая площадь		120,64

Условные обозначения

⊗	Люстра
⌞	Светильник настенный, бра
⊙	Светильник потолочный
⊗	Светильник подвесной
○	Светильник галогенный "точка".встроенный в потолок
⌞	Выключатель однополюсный
⌞	Выключатель однополюсный, сдвоенный
⌞	Выключатель однополюсный, строенный

Выпускная квалификационная работа

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Шифрина А.Ю.			
Пров.	Лавров А.Г.			
Т. контр.				
Н. контр.	Козлова Л.П.			
Утв.				

План
сети освещения
первого этажа

СПбГЭТУ "ЛЭТИ"

Лит.	Масса	Масштаб
Лист	Листов	

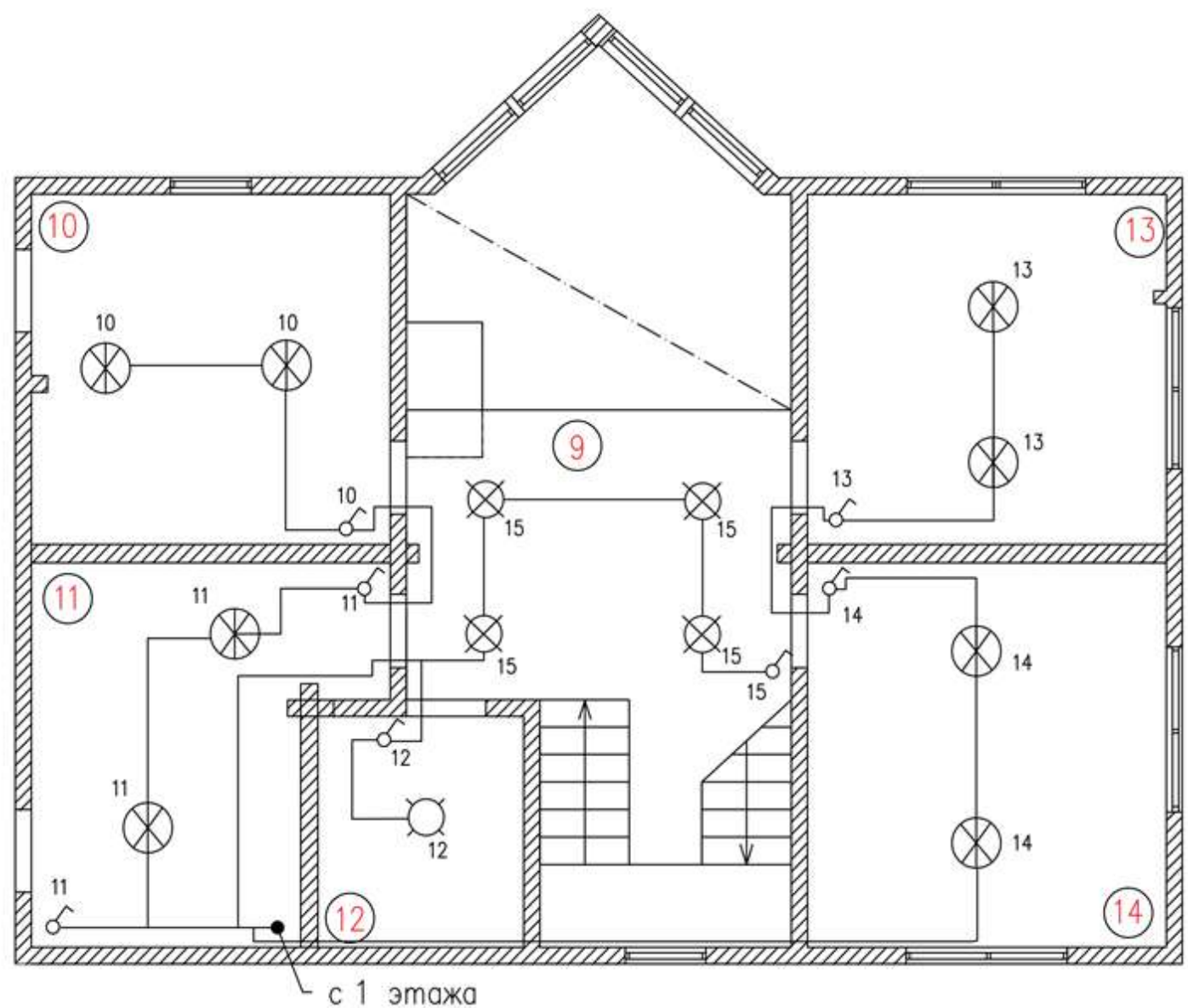
гр. 1404

Копировал

Формат А3

Приложение 3
План сети освещения второго этажа дома

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.



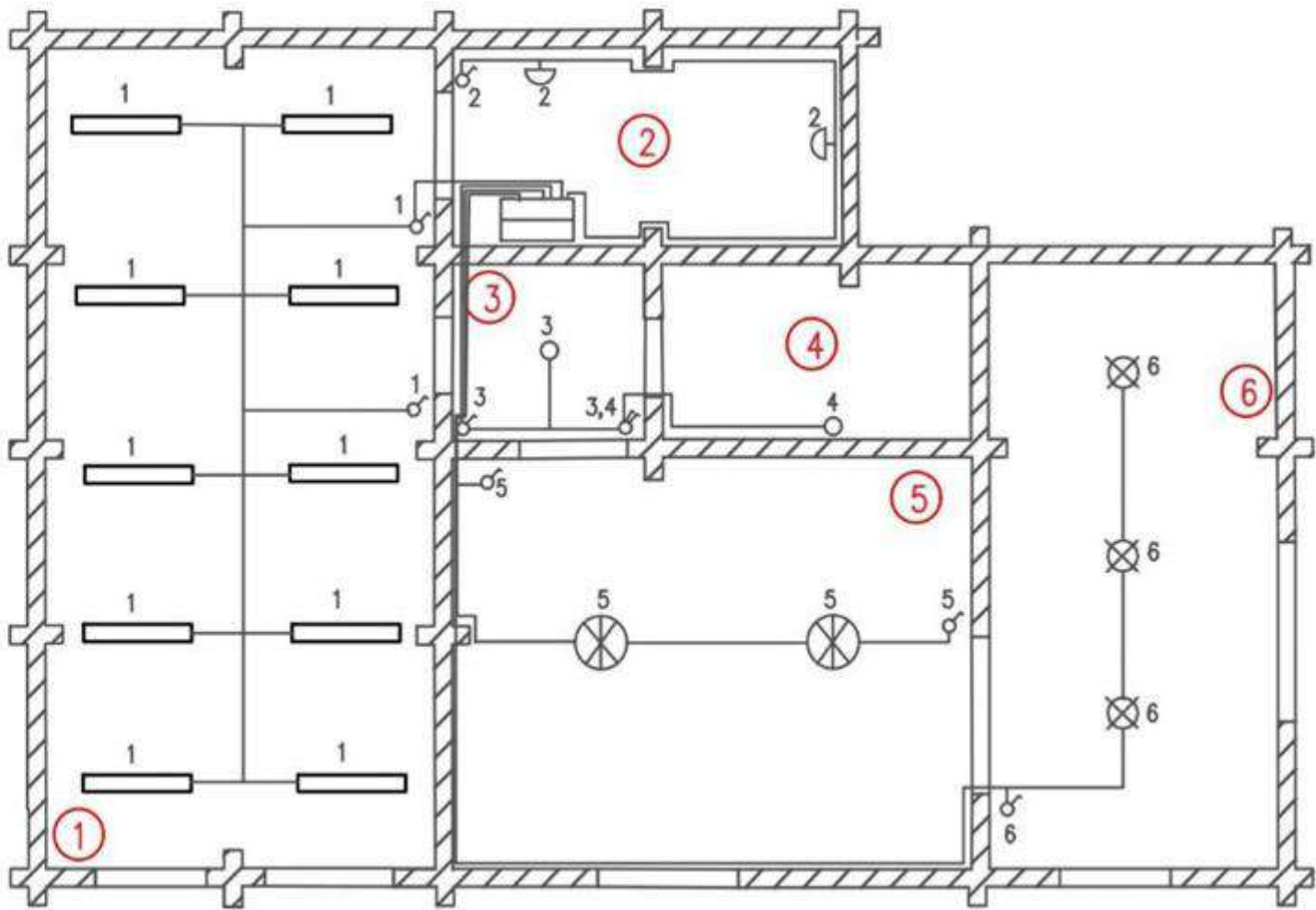
№	Название	Площадь, м ²
9	Холл	14,85
10	Спальня	16,1
11	Спальня	12,08
12	Сан узел	5,81
13	Спальня	16,10
14	Спальня	16,10
Общая площадь		81,04

Условные обозначения	
	Люстра
	Светильник потолочный
	Светильник подвесной
	Выключатель однополюсный

Выпускная квалификационная работа						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Шифрина А.Ю.					
Пров.	Лавров А.Г.					
Т. контр.						
Н. контр.	Козлова Л.П.					
Утв.						
План сети освещения второго этажа СПбГЭТУ "ЛЭТИ"				Лит.	Масса	Масштаб
				Лист	Листов	
				гр. 1404		

Приложение И
План сети освещения бани

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.



Условные обозначения	
	Люстра
	Светильник настенный, бра
	Светильник с люминесцентными лампами
	Светильник подвесной
	Светильник потолочный
	Выключатель однополюсный
	Выключатель однополюсный, сдвоенный

№	Название	Площадь, м²
1	Бассейн	47,35
2	Кладовая	6,71
3	Душ	3,69
4	Сауна	6,84
5	Комната отдыха	18,6600
6	Крыльцо	18,1
Общая площадь		101,35

Выпускная квалификационная работа						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Шифрина А.Ю.					
Проб.	Лавров А.Г.					
Т. контр.						
Н. контр.	Козлова Л.П.					
Утв.						
<div>План освещения бани</div> <div>СПбГЭТУ "ЛЭТИ"</div>				Лит.	Масса	Масштаб
				Лист	Листов	
гр. 1404						

Приложение К
План размещения розеток первого этажа дома

Перв. примен.

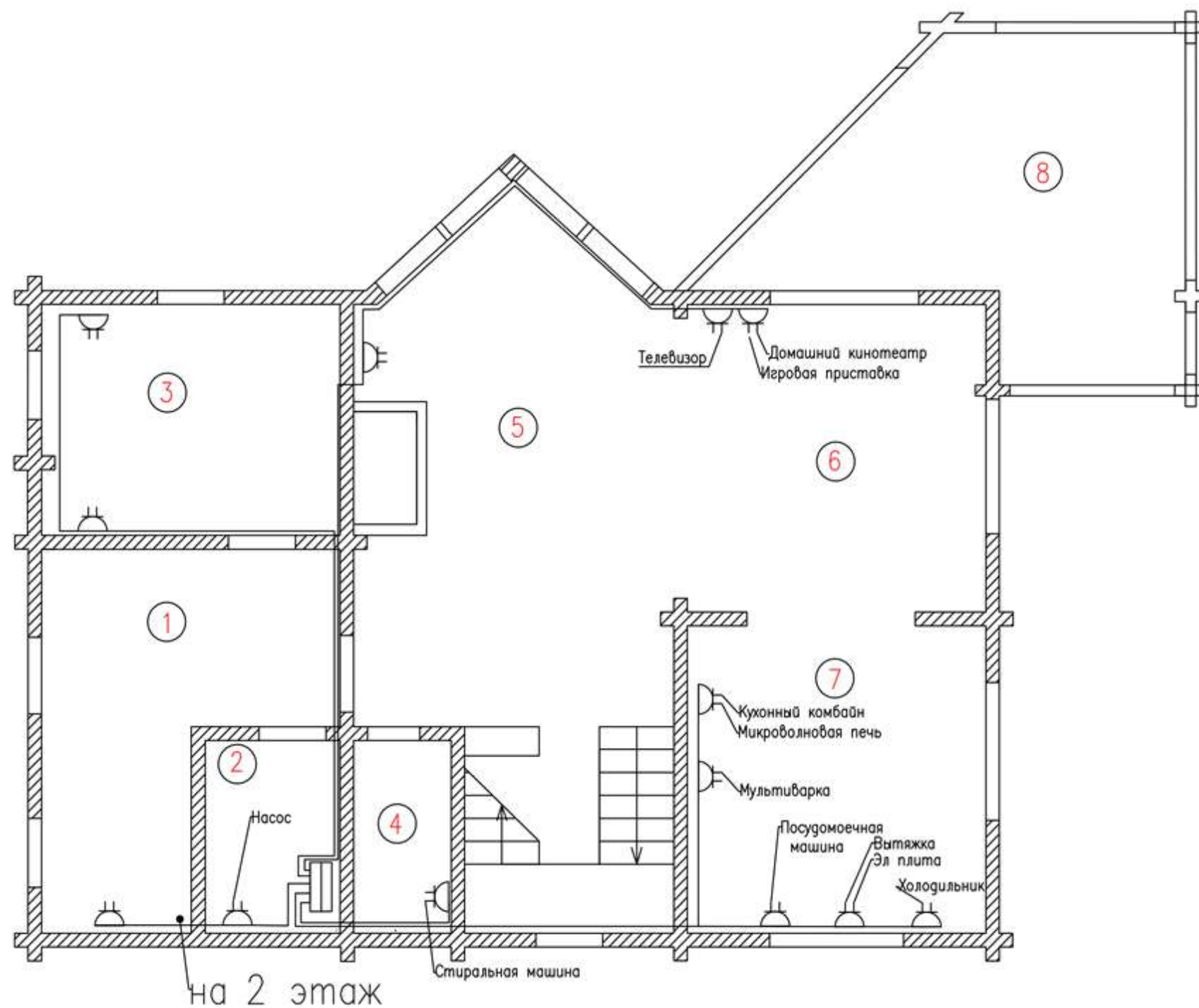
Справ. №

Подп. и дата

Взам. инв. № Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.



№	Название	Площадь, м²
1	Прихожая	14,71
2	Котельная	4,55
3	Спальня	12,08
4	Сан узел	3,3
5	Гостиная с лестницей	34,54
6	Столовая	16,67
7	Кухня	16,10
8	Терраса	18,49
Общая площадь		120,64

Условные обозначения



Розетка сдвоенная
2х-полюсная с защитным
контактом

Выпускная квалификационная работа

План
размещения розеток
первого этажа

СПбГЭТУ "ЛЭТИ"

Лит. Масса Масштаб

Лист Листов

гр. 1404

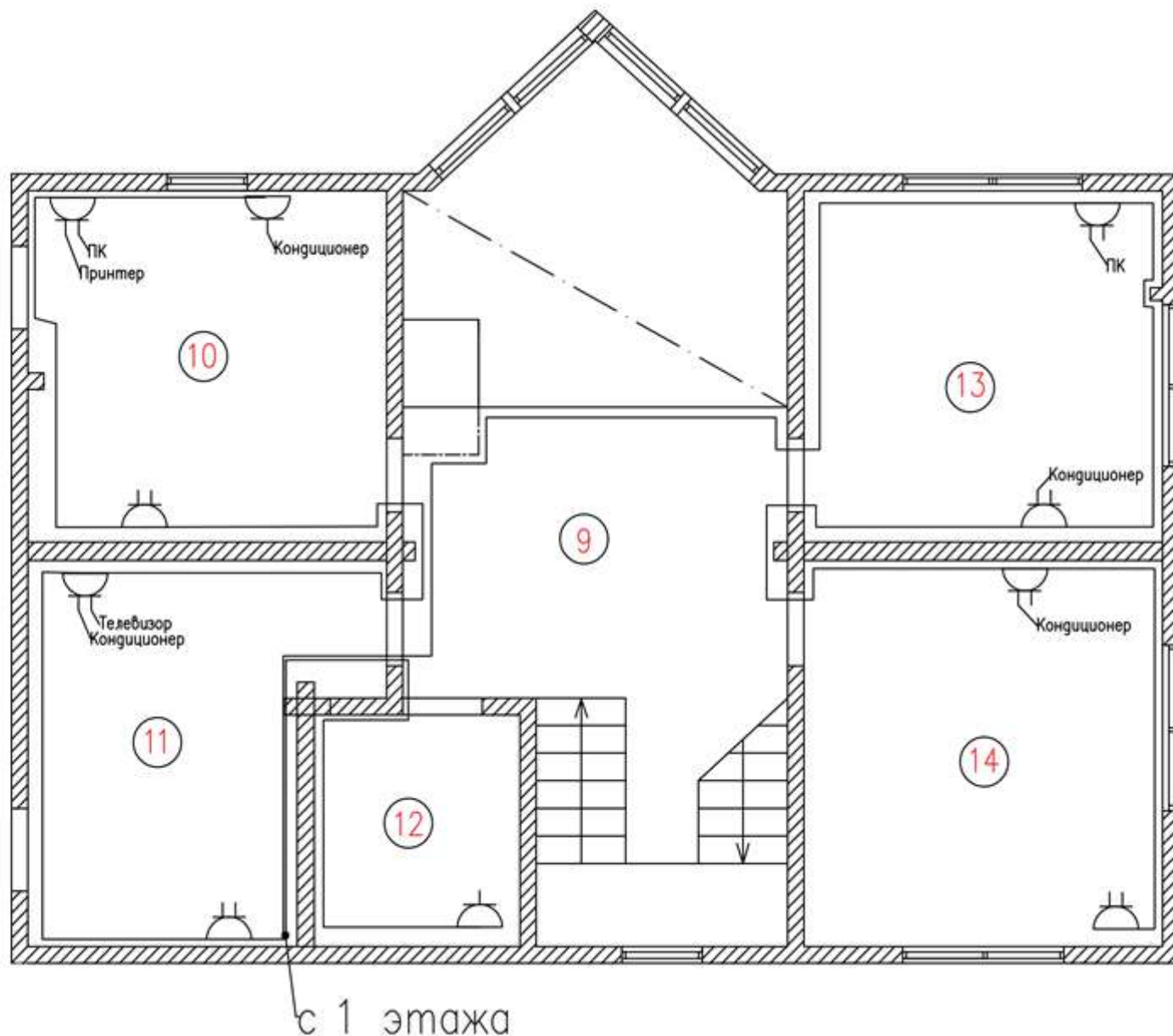
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Шифрина А.Ю.			
Пров.	Лавров А.Г.			
Т. контр.				
Н. контр.	Козлова Л.П.			
Утв.				

Копировал

Формат А3

Приложение Л
План размещения розеток второго этажа дома

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Перв. примен.



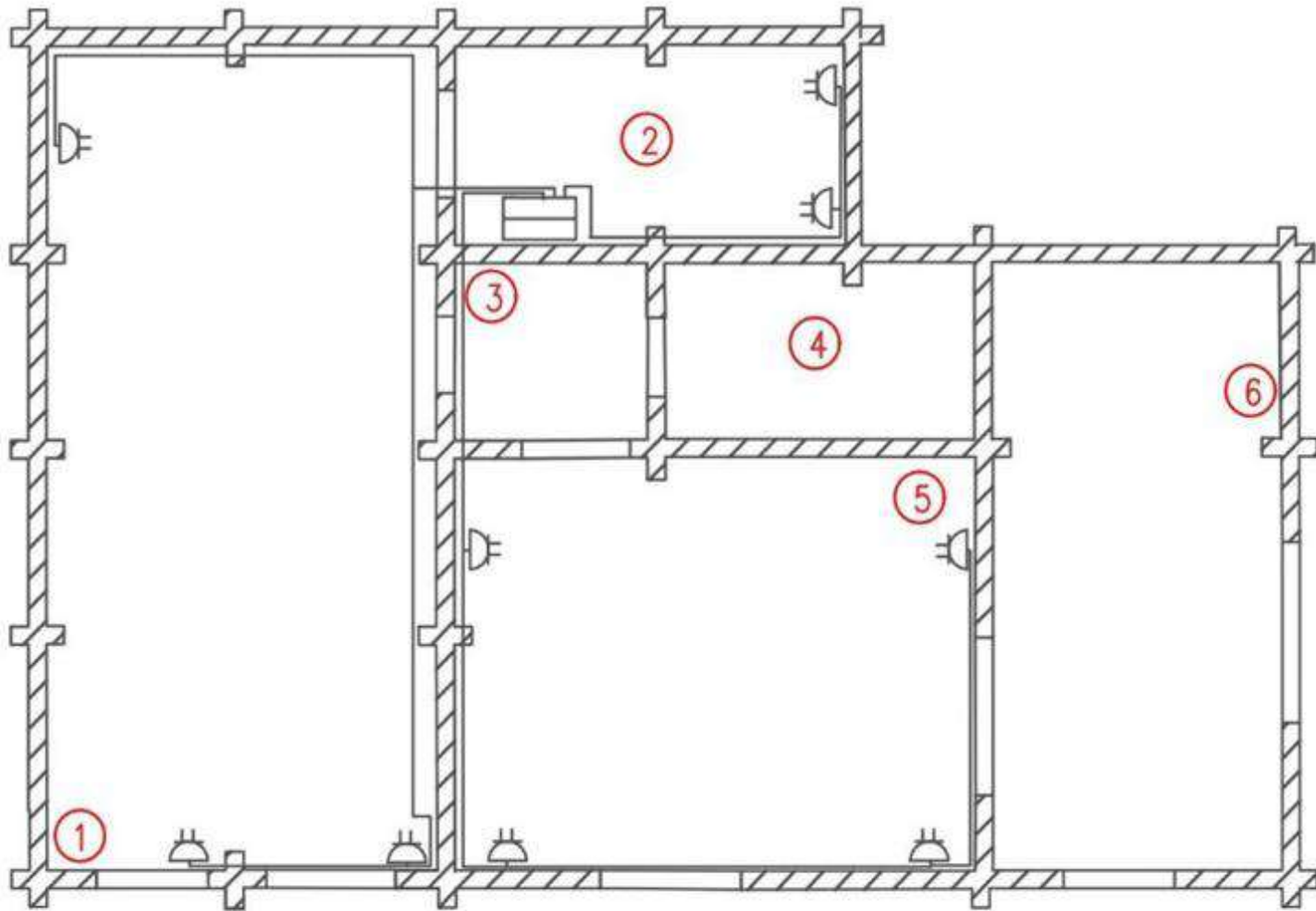
№	Название	Площадь, м²
9	Холл	14,85
10	Спальня	16,1
11	Спальня	12,08
12	Сан узел	5,81
13	Спальня	16,10
14	Спальня	16,10
Общая площадь		81,04

Условные обозначения	
	Розетка сдвоенная 2х-полюсная с защитным контактом
	Розетка 2х-полюсная с защитным контактом

				Выпускная квалификационная работа			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<div>План размещения розеток второго этажа</div> <div>СПбГЭТУ "ЛЭТИ"</div> <div>гр. 1404</div>		
Разраб.	Шифрина А.Ю.						
Пров.	Лавров А.Г.						
Т. контр.							
Н. контр.	Козлова Л.П.				Лит.	Масса	Масштаб
Утв.					Лист	Листов	

Приложение М
План размещения розеток в бани

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.



№	Название	Площадь, м²
1	Бассейн	47,35
2	Кладовая	6,71
3	Душ	3,69
4	Сауна	6,84
5	Комната отдыха	18,6600
6	Крыльцо	18,1
Общая площадь		101,35

					Выпускная квалификационная работа				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<div>План размещения розеток бани</div> <div>СПбГЭТУ "ЛЭТИ"</div>		Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Шифрина А.Ю.								
Пров.	Лавров А.Г.								
Т. контр.							Лист	Листов	
Н. контр.	Козлова Л.П.						гр. 1404		
Утв.									

Приложение Н
Принципиальная схема электроснабжения

Инв. №подл.		Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. №дубл.		Подп. и дата		Справ. №		Перв. примен.	

Р _э , кВт	13,3	5,35	4,9	3,88	2,75	2,53	1,96
I _р , А	60,45	24,3	22,27	17,63	12,5	11,5	8,94

Выпускная квалификационная работа					Лит.			Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> Принципиальная схема электропитания СПбГЭТУ "ЛЭТИ" </div> <div> Лист Листов </div> </div>				
Разраб.	Шифрина А.Ю.								
Пров.	Лавров А.Г.								
Т. контр.									
Н. контр.	Козлова Л.П.				гр. 1404				
Утв.									

Приложение О
Электрическое оборудование

Перв. примен.	
Справ. №	

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Виды электрооборудования	
Номер	Название
1	Эл. плита
2	Холодильник
3	Мультиварка
4	Микроволновая печь
5	Посудомоечная машина
6	Кухонная вытяжка
7	Кухонный комбайн
8	Стиральная машина
9	Телевизор
10	Домашний кинотеатр
11	Игровая приставка
12	Насос скважины
13	ПК
14	Принтер
15	Кондиционер
16	Телевизор
17	Кондиционер
18	Пк
19	Кондиционер
20	Кондиционер

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Эл. оборудование

Лист