

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

Направление подготовки 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств

Направленность (профиль) образовательной программы Автоматизация технологических процессов и производств в энергетике

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

И.о. зав. кафедрой

 О.В. Скрипко
« 24 » 06 2021 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Автоматизированная система электроснабжения жилого дома

Исполнитель
студент группы 74106

 11.06.2021
(подпись, дата)

М.В. Тутьинин

Руководитель
доцент, канд.техн.наук

 11.06.2021
(подпись, дата)

А.Н. Рыбалев

Консультант по безопасности
и экологичности
доцент, канд.физ.-мат.наук

 11.06.2021
(подпись, дата)

В.Н. Аверьянов

Нормоконтроль
профессор, д-р техн.наук

 20.06.2021
(подпись, дата)

О.В. Скрипко

Благовещенск 2021

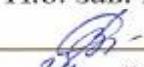
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет Энергетический

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой

 О.В. Скрипко
« 24 » 06 2021 г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента 741 группы Тутынина
Максима Викторовича

1. Тема выпускной квалификационной работы: Автоматизированная система электроснабжения жилого дома.

(утверждена приказом от 23.04.21. № 812-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы: 21 июня 2021 года.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: архитектурно-строительная документация коттеджа, техническое задание.

4. Содержание выпускной квалификационной работы:

- 1) Описание жилого дома с. Чигири Благовещенского района;
- 2) Разработка функциональной схемы автоматизированной системы электроснабжения жилого дома;
- 3) Разработка принципиальной электрической схемы автоматизированной системы электроснабжения жилого дома;
- 4) Разработка программного комплекса автоматизированной системы электроснабжения жилого дома.

5. Перечень материалов приложения (наличие чертежей, таблиц, графиков, схем, программных продуктов, иллюстративного материала и т.п.):

Лист 1: План расположения оборудования

Лист 2: Функциональная схема

Лист 3: Принципиальная электрическая схема

Лист 4: Алгоритм работы программы

Лист 5: Имитационная модель автоматизированной системы электроснабжения жилого дома

Лист 6: Экраны визуализации процесса и системы управления

6. Дата выдачи задания 02.11.2021

Руководитель выпускной квалификационной работы: Рыбалев Андрей

Николаевич, доцент, канд. тех. наук

(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

Задание принял к исполнению (дата): 02.11.2021г



(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 74 с., 16 таблиц, 33 рисунков, 16 источников.

ЖИЛОЙ ДОМ, АВТОНОМНОЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ, СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ, ИММИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ.

Объект автоматизации – индивидуальный двухэтажный жилой дом в с. Чигири Благовещенского района.

Целью создания АС ЭК является надёжное и качественное обеспечение коттеджа электроэнергией.

Технологические решения, принятые в бакалаврской работе, соответствуют требованиям экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных и других норм, действующих на территории Российской Федерации, и обеспечивают безопасную для жизни и здоровья людей эксплуатацию объекта при соблюдении предусмотренных проектом мероприятий.

В ходе выполнения бакалаврской работы были разработаны функциональная схема систем электроснабжения с применением средств автоматизации, а также произведен подбор этих средств.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Характеристика объекта автоматизации – жилого дома	9
1.1 Краткие сведения об объекте автоматизации	9
1.2 Сведения об условиях эксплуатации объекта автоматизации	9
2 Актуальность применения возобновляемых источников энергии	11
2.1 Возобновляемые источники энергии	12
2.2 Варианты электроснабжения жилого дома	13
3 Автоматизированное электроснабжение	15
3.1 Электроснабжение на базе солнечных батарей	15
3.2 Электроснабжение на базе ветрогенератора	17
3.3 Электроснабжение на базе дизельного генератора	19
4 Выбор оборудования	21
4.1 Ветрогенератор Ecmork	21
4.2 Солнечная батарея TWsolar Shingled PM-60S PERC моно 340 Вт	23
4.3 Батарея аккумуляторная Delta GEL 12-200	25
4.4 Дизельный генератор Denzel DD6300E	27
4.5 Источник бесперебойного питания APC BK500EI Back-UPS 500	28
4.6 Автомобильный аккумулятор TenaxPremium	31
5 Выбор средств автоматизации	31
5.1 ПЛК 154 контроллер для малых систем	31
5.2 Поплавковый датчик уровня жидкости ПДУ-3.1-Ех	32
5.3 Термопары на основе КТМС	34
5.4 Гибридный солнечный инвертор SILA	35
5.5 Модуль измерения параметров электрической сети МЭ110	38
6 Расчет эффективности системы	40
6.1 Расчет потребления электроэнергии	40
6.2 Расчет количества аккумуляторов	41

6.3 Расчет солнечных батарей	43
7 Расчет стоимости оборудования	45
8 Разработка функциональной схемы автоматизации	47
9 Разработка имитационной модели системы управления электроснабжением жилого дома	49
9.1 Имитационная модель системы управления	49
9.2 Разработка управляющей программы системы водоснабжения и теплоснабжения коттеджа	50
10 Безопасность жизнедеятельности	56
10.1 Общие правила техники безопасности	56
10.2 Способы и средства пожаротушения	58
10.3 Молниезащита	59
10.4 Схемы защитного зануления и заземления	63
Заключение	66
Библиографический список	67
Приложение А	69
Приложение Б	70
Приложение В	71
Приложение Г	72
Приложение Д	73
Приложение Е	74

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

ВИЭ – возобновляемые источники энергии;

ЛЭП – линии электропередач;

АВР – автоматический ввод резерва;

ДГ – дизельный генератор;

АКБ – аккумуляторная батарея;

ИБП – источник бесперебойного питания;

КПД – коэффициент полезного действия;

ПЛК – программно-логический контроллер;

ПДУ – поплавковый датчик уровня жидкости;

КТМС – кабель термопарный с минеральной изоляцией в стальной оболочке;

OPC – OpenPlatformCommunications.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире понятие «автономная система электроснабжения» встречается все чаще и чаще, это происходит за счет того, что все больше людей приходит на такие системы. В настоящее время главным на рынке генерации электроэнергии в мире является централизованная энергетика, состоящая из крупных электростанций и ЛЭП (разветвленной сети электропередач). Однако с приходом новых технологий все больше начинают пользоваться спросом автономные системы электроснабжения. В этом курсовом проекте речь пойдет именно о них.

В бакалаврской работе освещены основные вопросы и характерные особенности автономного электроснабжения жилого дома

Базовым источником являются солнечные панели, дополнительным – ветрогенератор, резервным – дизельный генератор.

В первом разделе пояснительной записки рассматриваются общие сведения об объекте автоматизации. Также анализируется актуальность применения возобновляемых источников электроэнергии.

Во втором разделе представлены возможные реализации автоматизированных систем управления.

Выполнены технические расчеты, в соответствии с которыми произведен выбор солнечных панелей, ветроустановок, количества и емкость аккумуляторных батарей и выбрано основное электрооборудование. Рассмотрены вопросы электробезопасности, способы пожаротушения.

В графической части проекта отображены: план расположения электрооборудования жилого дома, функциональная схема и принципиальная электрическая схема.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ –ЖИЛОГО ДОМА

1.1 Краткие сведения об объекте автоматизации

1 этаж:

- гостиная 39,7 м²;
- кухня 17,1 м²;
- прихожая 16,8 м²;
- гардеробная 2,8 м²;
- туалет 2,6 м²;
- гараж 40,7 м².

2 этаж:

- спальня(1) 19,6 м²;
- спальня(2) 19,4 м²;
- спальня(3) 17,1 м²;
- холл 5,7 м²;
- совмещённый с/у(ванная) 10,8 м².

1.2 Сведения об условиях эксплуатации объекта автоматизации

Индивидуальный двухэтажный жилой дом в с. Чигири Благовещенского района.

Общие данные:

1 Проектная документация в части АС (архитектурно-строительные решения) разработана на основании задания заказчика.

2 Проектная документация разработана применительно к следующим условиям строительства:

- расчётная зимняя температура наружного воздуха – 34С⁰;
- вес снегового покрова для Иснеговского района – 80 кгс/м²;
- скоростной напор ветра для Шрайона – 38 кгс/м²;
- сейсмичность площадки – 6 баллов.

- 3 Характеристики здания:
- степень огнестойкости – III;
 - класс функционально пожарной опасности – Ф1.3.
- 4 Фундаменты предусмотренные ленточные из монолитного железобетона, армированные арматурной сталью класс АIII (А400). Основанием для фундаментов служит местный грунт (изыскания не проводились). Фундаменты устраиваются по слою песчано-гравийной подготовки толщиной 300 мм. Ввиду отсутствия геологических изысканий качество грунтов принято, как для наихудшего варианта. В случае залегания в основании фундаментов гравелистых грунтов подготовка не требуется.
- 5 Гидроизоляция фундаментов горизонтальная и вертикальная выполняется окраской битумной мастикой за 2 раза.
- 6 Стены трёхслойные с эффективным утеплителем. Утепление – пенополистирол ПСБ-С-35 толщиной 150 мм. Кладка цокольной части до отм. -0.270 выполнялась из кирпича керамического М150 на растворе М100. Горизонтальную гидроизоляцию на отм. -0.120 (между кладкой 1 этажа и монолитным поясом Пм1) выполняли из ц.п. раствора толщиной 20 мм.
- 7 Перекрытия – плиты железобетонные круглопустотные.
- 8 Кровля с холодным чердаком, покрытие – черепица битумная. Огнезащитная обработка деревянных конструкций выполнялась окраской огнезащитными составами за 2 раза, с применением колера.
- 9 Отмостка вокруг здания – асфальтобетонная $\delta=100$ мм шириной 700 мм по щебёночной подготовке толщиной 150 мм.
- 10 Основные строительные показатели:
- площадь застройки – 189,3 м²;
 - общая площадь здания – 217,8 м²;
 - общая площадь помещений – 192,3 м²;
 - общая площадь помещений жилой части – 151,6 м²;
 - жилая площадь – 81,5 м².

2 АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Возобновляемые или неисчерпаемые источники энергии – это те источники, которые получают энергию из природных ресурсов- таких как солнечный свет, потоки ветра, дожди, приливы и течение рек. Актуальность применения таких источников электроэнергии в мире растет с каждым годом. Например, еще в 2006 году около 18% всего мирового потребления электроэнергии было реализовано с помощью возобновляемых источников энергии, а уже в 2015 году этот показатель составил 19,3%. По прогнозу Центра энергетики Московской школы управления «Сколково», к 2040 году ВИЭ обеспечат 35 – 50% всемирного производства электроэнергии [12].

На рисунке 1 показаны все возможные источники производства электроэнергии в процентном соотношении на 2018 год. Исходя из этих статистических данных можно понять, что основными источниками электроэнергии на данный момент являются ветроэнергетика.

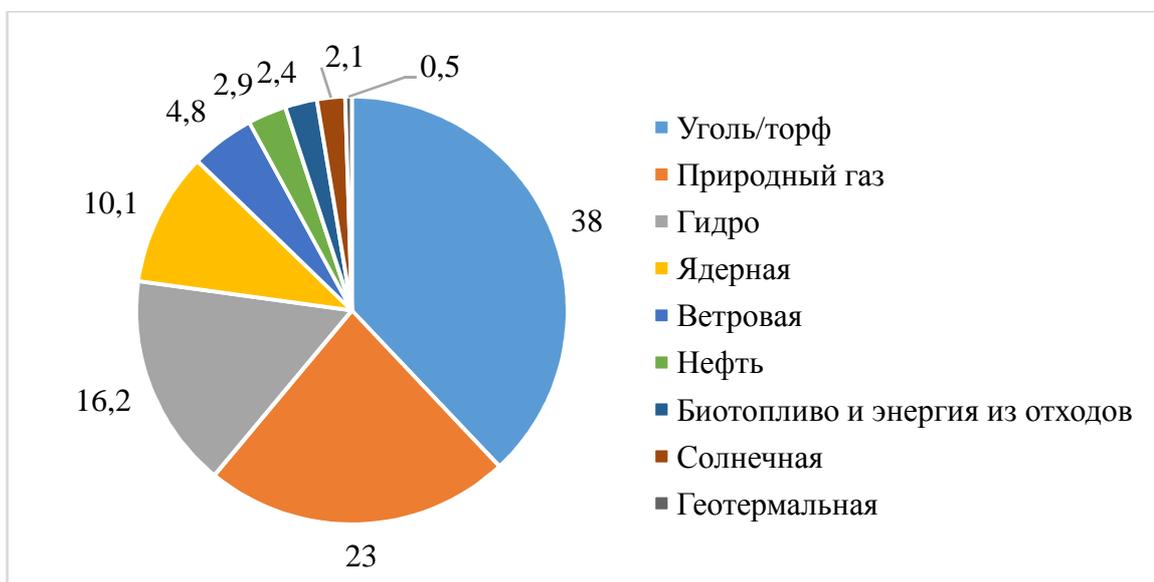


Рисунок 1 – Доля различных источников в мировом производстве электроэнергии в 2018 году, в % от общего числа источников

Такая тенденция устоялась в основном из-за того, что получение электроэнергии из возобновляемых источников не несет большого вреда для

окружающей среды. Возможность получения электроэнергии с помощью ВИЭ есть у каждого человека. Для этого существует огромное количество установок для автономной системы электроснабжения жилых домов, цехов и любых помещений.

2.1 Возобновляемые источники энергии

Возобновляемые источники энергии очень полезны и эффективны особенно в труднодоступных районах куда не протянуты линии ЛЭП. Комбинированные системы автономного электроснабжения позволяют обеспечить здание необходимым количеством энергии и компенсировать отдельные недостатки. Но не смотря на все положительные качества таких систем нужно понимать, что необходим резервный, бесперебойный источник питания. Если ветра не будет несколько дней подряд, то аккумуляторные батареи разрядятся до критического минимума и не смогут обеспечить дом необходимым количеством электроэнергии.

У солнечных батарей слабой стороной является то, что они мало эффективны в пасмурную погоду, которая в большинстве случаев сопровождается порывами ветра. Отсюда следует эти две системы будут помогать друг другу, обеспечивая бесперебойную подачу электроэнергии и создавая запас в аккумуляторных батареях. Одним из самых значимых положительных качеств СБ является то, что они не требуют расходов на топливо и содержание, при этом работают они максимально эффективно в солнечное летнее время, когда ветров практически не наблюдается.

В летний сезон и яркие солнечные дни зимы наилучшая выработка будет поступать от солнечных батарей. В межсезонье, когда в основном наблюдается пасмурная погода поступают сильные потоки ветра, которые дают возможность ветрогенераторам раскрывать свой потенциал на полную мощность.

На рисунке 2 для наглядности, представлена общая схема подключения оборудования. Для реализации ряда определённых проблем было принято

решение подключить в систему дизельный генератор, для обеспечения дома постоянной электроэнергией.

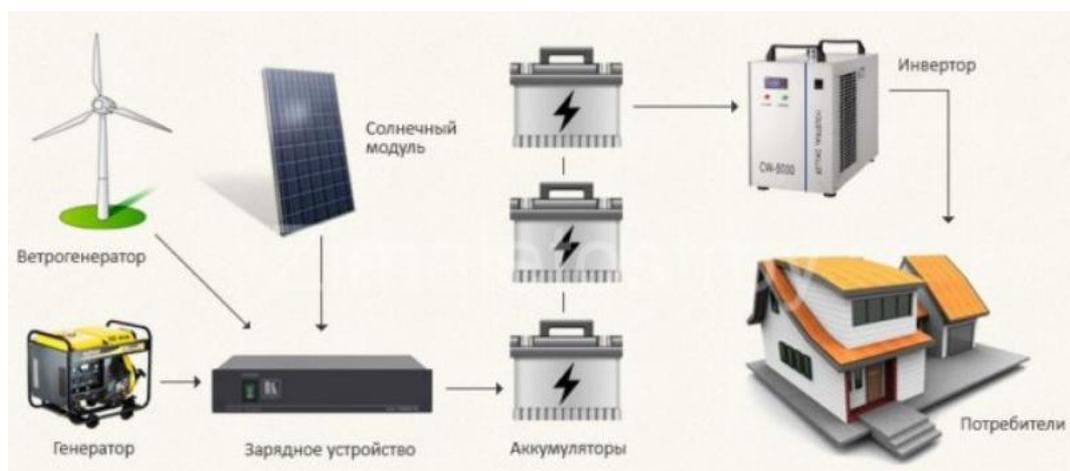


Рисунок 2– Схема автоматизированного электроснабжения дома

В данной системе генератор выступает в качестве резервного источника питания, сделано это на случай безветренной и пасмурной погоды. Планируется что дизельный генератор будет справляться с такими действиями как:

- питание жизненно необходимых электроприборов;
- возможное форсированное питание аккумуляторов, если они разрядились, то опасной зоны.

2.2 Варианты электроснабжения жилого дома

В современном мире существует огромное количество систем для автоматизированного электроснабжения жилого дома. В данной главе рассматриваются некоторые из них, главным параметром которой будет в первую очередь автономность.

Возможные системы электроснабжения с помощью:

- дизельного генератора электроэнергии;
- солнечных батарей;
- ветрогенератора;

Каждая из этих систем достаточно дорого стоит и требует к себе должного ухода и внимания. Например, чтобы ветрогенератор был максимально эффективен, необходимо каждый месяц смазывать подшипники

специальным маслом, а также не реже чем в месяц проверять все крепления, соединения и болты.

Солнечные батареи не требуют к себе столько внимания, однако эффективность их использования напрямую зависит от угла их расположения. Так же солнечные батареи необходимо чистить от листьев, пыли и другого вида мусора. Относительно всех этих систем, дизельный генератор самый каверзный в использовании его постоянно нужно обслуживать, следить за уровнем масла и топлива.

Автономные системы используются в первую очередь из-за невозможности подключения к централизованным системам электроснабжения. Иначе в большинстве случаев если даже и используются все возможные автономные системы электроснабжения только как дополнительные или резервные. Это обусловлено их высокой ценой и постоянным проведением технической проверки. А также малой эффективностью во многих регионах нашей страны.

В данном проекте мы будем использовать комбинированную систему автономного электроснабжения. В системе будут применены все из вышеперечисленных оборудования.

3 АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

3.1 Электроснабжение на базе солнечных батарей

В данный момент солнечные батареи (СБ) используют в обширном спектре возможностей автоматизации. Например, солнечные батареи обеспечивают энергией большинство диодных ламп и светофоров на трассах общего пользования. Это делается для того чтобы была освещена дорожная част.

Эффективность использования солнечных батарей определяется в первую очередь интенсивностью солнечного излучения и географического расположения объекта автоматизации.

Не смотря на постоянное присутствие солнечной энергии эффективность солнечных батарей заметно падает если, например, на улице пасмурная погода. Также солнечные батареи не могут работать ночью. Отсюда вывод что солнечные батареи максимально эффективны только небольшое количество времени в день. Однако для использования их в качестве не основного источника энергии, а как дополнительного, они вполне подойдут.

Возможно использование солнечных батарей в связке с ветрогенератором и дизельным генератором электроэнергии. Такая система вполне способна обеспечить жилой дом электроэнергией. Состав фотоэлектрической установки показан на рисунке 3.



Рисунок 3– Состав фотоэлектрической установки

Для большей эффективности солнечной батареи необходимо выбрать правильный угол и место расположения.

Самым удачным решением будет расположение солнечной батареи на южном скате кровли. Для этого понадобится гораздо меньше проводов, а также монтаж солнечных батарей будет проще. Такое решение исправит проблему с различного рода преградами и эффективность солнечных батарей увеличится.

Стандартная солнечная батарея состоит из:

- антибликовая плёнка;
- зеркальное стекло;
- пленка EVA;
- солнечные элементы;
- пленка EVA;
- белая защитная плёнка;
- алюминиевая рамка;
- провода;
- соединительная коробка.

Модули предназначены для эксплуатации:

- температуре воздуха от -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$;
- относительной влажности воздуха (при $t = 25^{\circ}\text{C}$) – до 100 %;
- атмосферном давлении 84-106,7 кПа.

Солнечные батареи сохраняют работоспособность после воздействия солнечной радиации с интегральной плотностью светового потока не более 1125 Вт/м^2 , в том числе при плотности потока ультрафиолетовой части спектра 68 Вт/м^2 (при длине волны 280-400 нм) и в условиях дождя интенсивностью 5 мм/мин, соляного тумана, снеговой и гололедно-ветровой нагрузки до 2000 Па.

Для достижения наилучшей эффективности от солнечных панелей необходимо правильно их выбрать. Это делается путём расчета потребления электроэнергии объектом автоматизации.

3.2 Электроснабжение на базе ветрогенератора

Ветрогенератор – это прибор для получения электроэнергии из потоков ветра, происходит это за счет преобразования механической энергии движения лопастей в электроэнергию.

На данный момент электроэнергию с помощью ветрогенераторов добывают в огромном количестве стран. Например Согласно данным WindEurope, в 2019 году в Дании с помощью ветрогенераторов было произведено 48 % всего электричества, в Ирландии – 33 %, в Португалии – 27 %, в Германии – 26 %, в Великобритании – 22 %, в Испании – 21 %, в ЕС в целом – 15 %. Это обусловлено мировой тенденцией к экологически чистой добыче электроэнергии.

Существует несколько типов ветрогенераторов:

- горизонтально – осевой ветрогенератор;
- вертикально – осевой ветрогенератор.

Основное отличие данных ветрогенераторов в направлении потоков ветра. Вертикально – осевой ветрогенератор работает относительно любого направления потоков ветра, а горизонтально – осевой ветрогенератор работает все же предпочтительней в одну сторону. Но несмотря на это коэффициент полезного действия данных устройств практически не отличается.

Мощные ветрогенераторы производят постоянный ток, а малые переменный. Связано это с тем что переменный ток легко вырабатывать и передавать на огромные расстояния, но невозможно аккумулировать.

Принцип работы ветрогенератора: потоки ветра заставляют вращать лопасти ветрогенератора дальше сила вращения преобразуется в электроэнергию, которая аккумулируется в батареях. От батарей через

инвертор электроэнергии следует к потребителю.

Маломощные до 1 кВт ветрогенераторы имеют широкий ряд применений. Например, такие как освещение на трассах общего пользования, питание светофоров и тд.

На рисунке 4 описаны основные компоненты установки:

- ротор преобразует энергию набегающего ветрового потока в механическую энергию вращения оси турбины;
- мультипликатор – промежуточное звено между ветроколесом и электрогенератором, который повышает частоту вращения вала ветроколеса и обеспечивает согласование с оборотами генератора;
- башня (ее иногда укрепляют стальными растяжками), на которой установлено ветроколесо;
- основание (фундамент), предназначено для предотвращения падения установки при сильном ветре. Кроме того, для защиты от поломок при сильных порывах ветра и ураганах почти все ВЭУ большой мощности автоматически останавливаются, если скорость ветра превышает предельную величину.

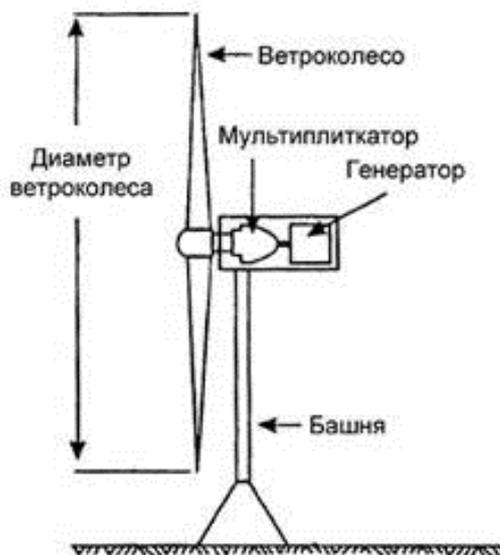


Рисунок 4 – Основные компоненты горизонтального ветрогенератора

Несмотря на все положительные стороны ветрогенераторов, в определенный промежуток времени они малоэффективны. Например, в

безветренную погоду ветрогенератор не сможет производить электроэнергию. Исходя из этого, в данной системе, используется комбинированная система электроснабжения.

3.3 Электроснабжение на базе дизельного электрогенератора

Во многих автономных системах электроснабжения дизельный генератор выступает как основной источник электроэнергии. Однако такие генераторы очень дорого обходятся в обслуживании. Еще один не маловажный аспект, это то что они достаточно громко работают. Это доставляет определенный дискомфорт в повседневной жизни.

В данном проекте дизельный генератор выступает только как резервный источник питания, на случай поломки, непогоды и т.д. Для автономной работы генератора, он подключен к блоку АВР для автоматического запуска.

Основные компоненты дизельного генератора показаны на рисунке 5.



Рисунок 5– Основные компоненты дизельного генератора

Основные компоненты дизельного генератора:

- топливный бак;
- заливная горловина;
- электронный блок;

- генератор;
- контрольные приборы;
- рама (защитный каркас);
- двигатель сгорания.

Так же многие другие дизельные генераторы производятся сразу с блоками АВР для удобства использования. Такие генераторы имеют большую мощность и используются в основном на производствах.

В данном проекте используется генератор с максимальной мощностью в 5 кВт. Для автоматизации процесса электроснабжения, введен в систему ПЛК. Программируемый логический контроллер следит за уровнем топлива в баке и автоматически запускает ДГ.

Мощность дизельного генератора выбирается исходя из потребления сети. Дизельные генераторы выпускаются переносного исполнения с изолированной нейтралью. При стационарной установке таких генераторов необходимо выполнить заземление нейтрали, отключить устройство изоляции и проверить чувствительность защиты.

Защита генератора от всех видов повреждений и ненормальных режимов выполняется автоматическим выключателем с максимальными расцепителями или специальным электронным блоком защиты.

4 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

4.1 Ветрогенератор Exmark

На рисунке 6 представлен ветрогенератор Exmark [6]. В качестве основного материала лопастей используется стеклопластик с армированием, что делает винт прочным и тот же момент легким. Устройство начинает работать с силы ветра от 2.5 м/с. Чтобы избежать бесконтрольного вращения винта и работы «в разнос», система ветрогенератора оснащена защитным механизмом, который принудительно снижает скорость лопастей при силе ветра свыше 20 м/с, одновременно прижимая хвостовик к корпусу. Такой принцип предотвращает повреждение подвижных частей устройства при сильно порывистом ветре.



Рисунок 6 – Ветрогенератор Exmark

Для наиболее эффективной работы ветрогенератора необходимо определиться с правильным местом расположения. Чем ближе ветрогенератор к поверхности земли, тем меньше скорость ветра. Это происходит из-за результата действия силы трения у земной поверхности и существования искусственных препятствий на поверхности земли. Из-за этих препятствий

возникают турбулентности, которые снижают эффективность любого ветрогенератора. Исходя из этого размещать турбину следует на площадке, где для ветров существует минимум помех. Энергия ветра – это кубическая функция скорости ветра. Отсюда следует, что незначительные изменения скорости ветра вызывают существенные изменения выходной мощности. При удвоении скорости ветра выходная мощность возрастает в восемь раз. Даже незначительное изменение имеет существенные последствия.

Таблица 1 – Технические характеристики ветрогенератора

Наименование параметра	Exmork
Мощность при 10 м/с	2500 ватт
Мощность при 9 м/с	2100 ватт
Мощность при 5 м/с	400 ватт
Стартирование	начало вращения - с 2,5 м/с
Диапазон ветра генерации	3-25 м/с, свыше 20 м/с включается защитное торможение
Диаметр ротора	3,6 м
Срок службы	не менее 10 лет
Напряжение АКБ	24 В
Тип	Горизонтальный
Количество фаз	1

На рисунке 7 показана скорость ветра в городе Благовещенск на протяжении всего года [13]. Так же подсчитана среднегодовая скорость ветра – это усредненный показатель, рассчитанный на основе 10-ти летнего наблюдения. В таблицах используются показатели на высоте 10 метров от уровня земли. Этот показатель напрямую влияет на эффективность ветрогенератора. Отсюда следует, что важным фактором, о котором не следует забывать, является возвышение. Чем выше над уровнем моря установлен ветряной генератор, тем ниже плотность воздуха. Выходная мощность прямо пропорциональна плотности воздуха.

	Скорость ветра, м/с	Направление ветра, °
Январь	3,18	272
Февраль	3,25	271
Март	3,18	271
Апрель	3,22	276
Май	3,21	7
Июнь	2,83	14
Июль	2,69	20
Август	2,81	24
Сентябрь	2,95	24
Октябрь	3,06	19
Ноябрь	2,95	16
Декабрь	3,03	13
Среднее за год	3,02	

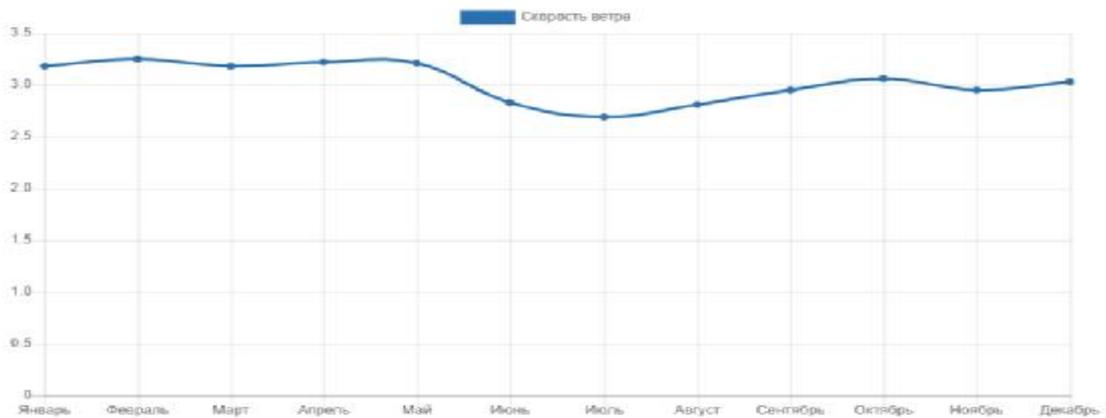


Рисунок 7– Скорость ветра в г. Благовещенск (53.5028, 128.2736).

4.2 Солнечная батарея TWsolar Shingled PM-60S PERC моно 340 Вт

На рисунке 8 представлен внешний вид солнечной батареи TWsolar [7].



Рисунок 8 – Солнечная батарея TWsolar

Таблица 2 – Технические характеристики солнечной батареи

Наименование параметра	TW solar
Тип	Монокристаллический
Номинальная мощность, Вт	340
Номинальное напряжение, В	24
Напряжение при максимальной мощности, В	37,4
Ток максимальной мощности, А	9,09
Напряжение холостого хода, В	45,2
Ток короткого замыкания, А	9,51
Размер модуля, мм	1622*1068*35
Вес, кг	19,8
Допустимое отклонение от номинальной мощности (толеранс)	0.....+5Вт
Гарантия, лет	10
КПД модуля, %	19,6

Солнечная батарея – это устройство, состоящее из фотоэлектрических преобразователей (фотоэлементов), преобразующих солнечную энергию в электрический ток.

Для лучшей эффективности выработки электроэнергии необходимо правильно выбрать место и угол наклона солнечной батареи. Это зависит в первую очередь от географического положения региона в котором находится объект автоматизации. В северном полушарии солнечные панели необходимо ориентировать на юг, в южном полушарии на север. Угол наклона зависит от географических широты и долготы расположения места монтажа. При выборе места необходимо так же избегать деревьев, зданий и других сооружений, тень от которых может падать на солнечные батареи.

В нашем случае угол и расположение солнечных батарей представлен на рисунке ниже (смотреть рисунок 9). Так же в нашей системе солнечные батареи подключены параллельно для увеличения силы тока.

Обслуживание устройства.

Осенние листья, снег и пыль, оседающие на лицевую часть модуля, могут значительно уменьшить выработку энергии солнечной батареей. Поэтому необходимо регулярно очищать их поверхность с помощью мягкой

ветоши. Недопустимо использование средств, содержащих абразивные частицы. Также периодически нужно осматривать все электрические соединения, коннекторы для исключения обрывов в цепи и коротких замыканий.

На рисунке 9 представлена солнечная инсоляция в г. Благовещенск [14].

	Солнечная инсоляция, кВт*ч/м ²	Оптимальный угол наклона, °
Январь	2,65	71
Февраль	4,16	63
Март	5,26	50
Апрель	5,44	34
Май	5,69	19
Июнь	5,99	13
Июль	5,27	15
Август	4,67	27
Сентябрь	4,00	43
Октябрь	3,40	58
Ноябрь	2,68	68
Декабрь	2,22	73
Среднее за год	4,28	44,4

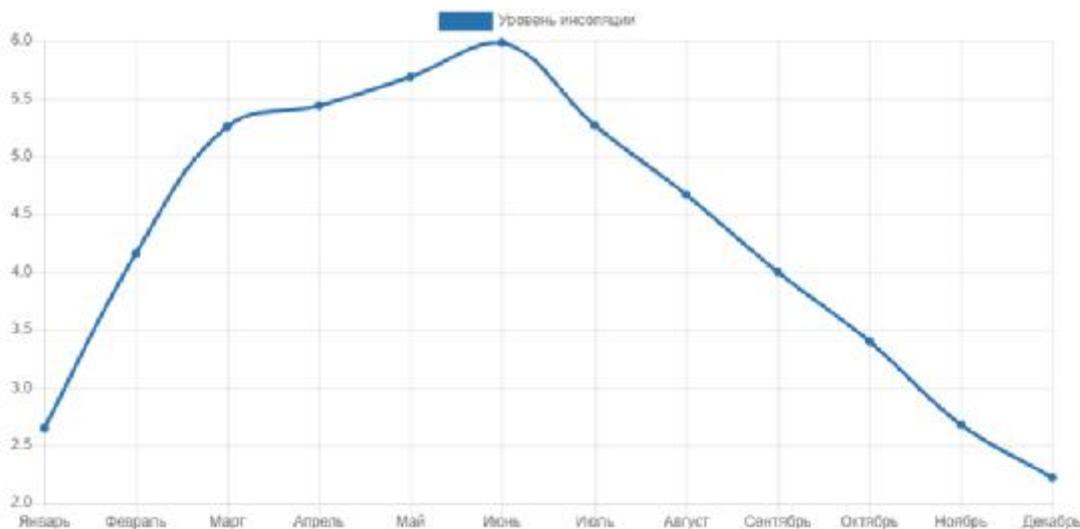


Рисунок 9–Солнечная инсоляция для г. Благовещенск (53.5028, 128.2736).

4.3 Батарея аккумуляторная Delta GEL 12-200

Для автоматизированной системы электроснабжения жилого дома необходимым фактором в надёжной работе является правильный выбор аккумуляторов. Для таких систем обычные автомобильные аккумуляторы не подойдут. Они вырабатывают вредные газы и не способны работать в циклических режимах, то есть постепенно отдавать накопленный заряд. Поэтому для автоматизированных систем существуют определенные

виды аккумуляторных батарей [8]. Их существует два вида:

- аккумуляторы по технологии AGM;
- аккумуляторы по технологии GEL.

В данном проекте мы будем использовать аккумуляторы по технологии GEL. Они более надежные, долговечные, и значительно лучше работают в циклических режимах. Внешний вид устройства показан на рисунке 10.



Рисунок 10–Батарея аккумуляторная Delta GEL 12-200

Таблица 3 – Конструкция батареи Delta GEL 12-200

Компонент	Материал
Положительная пластина	Диоксид свинца
Отрицательная пластина	Свинец
Корпус / крышка	ABS
Клапан	Каучук
Клеммы	Медь
Сепаратор	Стекловолокно
Электролит	Серная кислота

Таблица 4 – Технические характеристики батареи Delta GEL 12-200

Наименование параметра	Delta GEL
Номинальное напряжение	12 В
Число элементов	6
Срок службы	10-12 лет
Номинальная емкость (25°C)	
10 часовой разряд	200 Ач
5 часовой разряд	176,5 Ач
1 часовой разряд	128 Ач
Саморазряд	3% емкости в месяц при 20°C
Внутреннее сопротивление полностью заряженной батареи (25°C)	2,5 мОм
Вес	64,7 кг

В нашей системе используются 20 таких аккумулятора. На рисунке 11 представлена схема подключения АКБ.

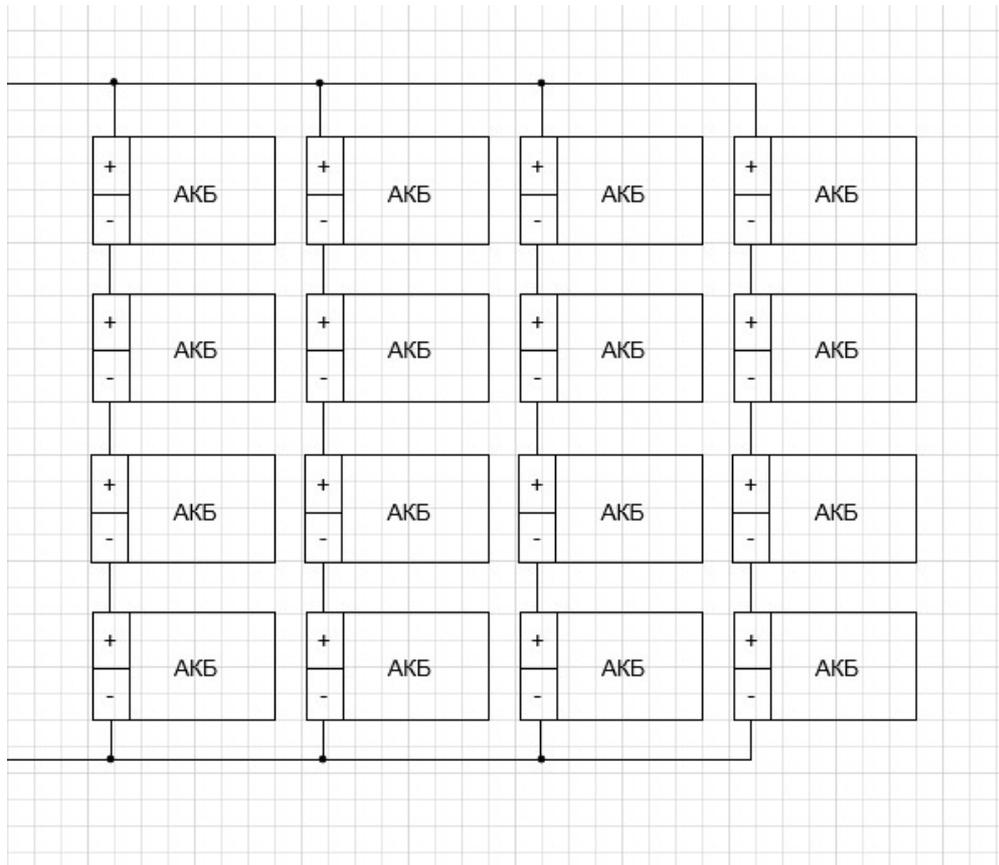


Рисунок 11 – Схема подключения АКБ

4.4 Дизельный генератор Denzel DD6300E

В данной системе дизельный генератор выступает в качестве резервного источника электроэнергии. На случай если будет дождливая и безветренная погода. ДГ обладает номинальной мощностью в 4,5 кВт, которой вполне достаточно для того чтобы обеспечить в случае чего бесперебойную работу основных потребителей электроэнергии. Также ДГ генерирует сетевое напряжение, соответствующее всем действующим стандартам: переменному напряжению в 220 В и 50 Гц, генератор оснащен клеммами 12 В постоянного тока [9]. На рисунке 12 представлен внешний вид дизельного генератора.



Рисунок 12 – Дизельный генератор Denzel DD6300E

Таблица 5 – Технические характеристики дизельного генератора

Наименование параметра	Denzel DD6300E
Тип двигателя	Четырехтактный
Объем двигателя, куб.см	420
Мощность, л.с.	9
Емкость топливного бака, л.	15
Страна производства	Китай
Частота, Гц	50
Мощность генератора максимальная, кВт	5
Напряжение сети, В	220
Стартер	Ручной/электрический
Степень защиты	IP44
Уровень шума	95
Тип топлива	ДТ

4.5 Источник бесперебойного питания APC BK500EI Back-UPS 500

Источник бесперебойного питания начального уровня APC BK500EI Back-UPS 500 оснащается четырьмя евророзетками и многоразовым предохранителем. Устройство обеспечивает защиту вспомогательной электронной техники от всплесков и перепадов напряжения без потребления энергии от аккумулятора, необходимой для работы более важного оборудования при отключении сетевого питания [5].

Таблица 6 – Технические характеристики источника бесперебойного питания

Наименование параметра	АПС
Полная мощность	300 Вт/500 ВА(максимально выходная)
Время работы от батарей	4 минуты (при 300 Вт) – 83 минуты (при 30 Вт)
Размеры	165 x 91 x 284мм
Вес	6,32 кг
Гарантия	2 года

Регулярная самодиагностика батарей позволяет своевременно обнаружить батарею, подлежащую замене. Максимальное повышение эффективности батареи, увеличение срока ее службы и надежности достигается за счет точной интеллектуальной зарядки. Многократный автоматический предохранитель гарантирует простую процедуру восстановления после перегрузки; замена предохранителя не требуется. Уведомление об изменениях сетевого электропитания и условий работы ИБП осуществляется с помощью звуковых сигналов. А визуальные индикаторы помогут быстро определить состояние устройства и питания.

В данной системе ИБП (рисунок 13) обеспечивает бесперебойную работу ПЛК до запуска резервного дизельного генератора.



Рисунок 13–Источник бесперебойного питания APC

4.6 Автомобильный аккумулятор TenaxPremium

В данной системе автомобильный аккумулятор необходим для запуска дизельного генератора с помощью стартера [10]. Внешний вид автомобильного аккумулятора представлен на рисунке 14.



Рисунок 14 – Автомобильный аккумулятор TenaxPremium

В таблице 7 представлены основные технические характеристики устройства.

Таблица 7 – Технические характеристики

Наименование параметра	Tenax Premium
Емкость	60 Ач
Полярность	Обратная
Тип клемм	Стандартные клеммы (Евро)
Пусковой ток	540 А
Напряжение	12 В
Габариты	242x175x190 мм

Автомобильный аккумулятор – это тип электрической аккумуляторной батареи, применяемый на автомобильном или мототранспорте. Используется в качестве вспомогательного источника электроэнергии в бортовой сети при неработающем двигателе и для запуска двигателя.

В данной системе автомобильный АКБ используется для запуска стартера дизельного генератора.

5ВЫБОР СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

5.1 ПЛК 154 контроллер для малых систем

ОВЕН ПЛК 154 – моноблочный контроллер для малых и средних систем автоматизации со встроенными дискретными входами и выходами [1].

Внешний вид устройства представлен на рисунке 15.

Особенности ПЛК100 / 150 / 154:

- скорость работы дискретных входов – до 10 кГц при использовании подмодулей счетчика;
- программирование в среде CODESYS V2.3 через интерфейсы Ethernet, RS-232 Debug;
- корпус с креплением на DIN-рейку;
- встроенный аккумулятор, позволяющий «пережить» пропадание питания: выполнение программы при пропадании питания и перевод выходных элементов в «безопасное состояние»;
- встроенные часы реального времени.



Рисунок 15– Внешний вид ПЛК 154

Таблица 8 – Технические характеристики

Наименование параметра	ПЛК 154
Общие сведения	
Степень защиты корпуса	IP20
Напряжение питания	90...264 В/ 47...63 Гц
Потребляемая мощность, не более	15 ВА
Индикаторы на передней панели	Питание, связь с CODESYS,
Конструктивное исполнение	Корпус для крепления на рейку
Ресурсы	
Центральный процессор	32-х разрядный RISC-процессор 200МГц на базе ядра ARM9
Объём ОЗУ	8 мб
ОбъёмFlash-памяти	4 мб ²
Размер Retain-памяти	До 16 Кбайт ³
Время выполнения цикла ПЛК	Минимальное 250 мкс

Таблица 9 – Количество входов и выходов

Контроллер	ПЛК 154
Дискретный вход	6
Дискретный выход	4
Аналоговый вход	4
Аналоговый выход	4

5.2 Поплавковый датчик уровня жидкости ПДУ-3.1-Ех

Поплавковые датчики уровня ОВЕН ПДУ с взрывозащитой типа «искробезопасная цепь» (рисунок 16) предназначены для эксплуатации на взрывоопасных производствах или в помещениях и установках, в которых находятся емкости с взрывоопасными средами: всевозможными видами топлива, стоками нефтеперерабатывающих заводов, автопредприятий, химических производств и т.п.

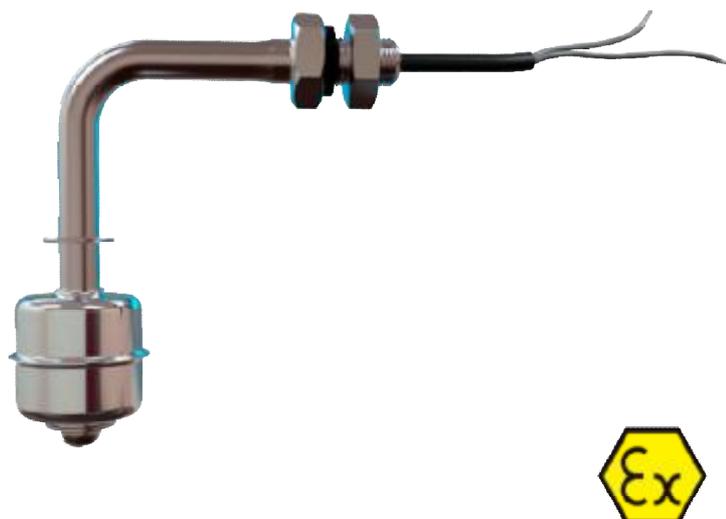


Рисунок 16 – Внешний вид поплавкового датчика во взрывозащищенном корпусе

Таблица 10 – Технические характеристики

Наименование параметра	ПДУ-3.1-Ex
Количество сигнализируемых уровней	1;2;3
Максимальный коммутируемый ток, мА	88
Максимальный коммутируемое напряжение, В	31,8
Количество срабатываний при напряжении коммутации постоянного тока 24 В и в токе 0,25 А	1×10^6
Расположение оси крепежного отверстия датчика в резервуаре	Вертикальное
Плотность измеряемой среды, Г/см ³	0,65
Температура контролируемой среды, °С	-40...+105
Давление контролируемой среды, МПа	2
Максимальное входное напряжение, В	31, 8
Максимальный входной ток, мА	88
Максимальная внутренняя емкость, мкФ	0,08
Максимальная внутренняя индуктивность, мГн	1

Меры безопасности. Датчики во взрывозащищенном исполнении соответствуют

ГОСТ 30852.0-2002, ГОСТ 30852.10-2002, имеют маркировку взрывозащиты 0ExiaIICT4X и могут размещаться во взрывоопасных зонах категории ПС. Знак «X» в конце маркировки взрывозащиты означает, что подключение датчиков ПДУEx к внешним цепям должно производиться чере

з искробезопасные барьеры с соответствующими искробезопасными параметрами и имеющими действующие сертификаты соответствия требованиям ТР ТС 012/2011 [3].

5.3 Термопары на основе КТМС

Термопары на основе КТМС предназначены для измерения температуры жидких, твердых и газообразных сред, в т.ч. с высокой температурой (до 1250 °С), не агрессивных к материалу корпуса датчика.

В качестве материалов термоэлектронных для КТМС применяются различные сплавы, что определяет характеристики термопар и возможности их применения:

- хромель-копель (L). Термопары обладают высокой стабильностью при температурах до 600 °С;

- хромель-алюмель (K). Термопары отличаются стойкостью к окислению при высоких температурах до 1100 °С;

- нихросил-нисил (N). Имеют высокую стабильность и широкий диапазон рабочих температур: от -40 до +1250 °С, что позволяет использовать их для замены дорогостоящих термопар из драгоценных металлов;

- железо-константан ЖК (J). Универсальные термопары для измерения температур до +750 °С.

Функциональные преимущества термопар из КТМС по сравнению с проволочными термопарами:

- низкий показатель тепловой инерции (2 сек – для КТМС диаметром 4,5 мм) для регистрации быстропротекающих процессов;

- высокая стабильность и увеличенный рабочий ресурс (превышение в 2-3 раза по сравнению с обычными);

- возможность изгиба, монтажа в труднодоступных местах и кабельных каналах (60-100 м);

– разные варианты установки: приваривать, припаивать или крепить термopару (хомутом, на винт) к поверхности;

– для дополнительной защиты термоэлектродов от воздействия окружающей среды термopары могут производиться в защитных чехлах.

Таблица 11 – Показатель тепловой инерции

Вид рабочего спая	Показатель тепловой инерции термопреобразователя				
	d = 1,5	d = 2,0	d = 3,0	d = 4,5	d = 6,0
Изолированный от оболочки КТМС	0,4	0,5	1,0	2,0	4,0
Неизолированный от оболочки КТМС	0,15	0,25	0,5	1,0	3,0

Внешний вид устройства представлен на рисунке 17. В общем случае термopара представляет собой два термоэлектрода из различных металлов, спаянных между собой. Один спай – «рабочий» – помещают в измеряемую среду, другой – «холодный» – должен находиться при температуре 0 °С. При разных температурах спаев по термоэлектродам протекает ЭДС, прямо пропорциональная разности этих температур. Рабочий спай защищается от прямого соприкосновения со средой защитной арматурой.



Рисунок 17 – Внешний вид термopары

КТМС – Кабель Термopарный с Минеральной изоляцией в Стальной оболочке. Конструктивно КТМС состоит из гибкой металлической трубки, в которую помещены термоэлектроды. Пространство между термоэлектродами и стальной жаростойкой оболочкой заполнено плотной дисперсной минеральной изоляцией – оксидом магния [4].

5.4 Гибридный солнечный инвертор SILA

Данное изделие представляет собой многофункциональный инвертор/зарядное устройство, объединяющее в себе функционал инвертора постоянного тока, солнечного зарядного устройства и устройство заряда аккумулятора. Оно характеризуется портативными размерами и может использоваться в качестве источника бесперебойного питания. Универсальный ЖК – дисплей устройства обеспечивает все легкодоступные для конфигурирования пользователем функций кнопочного управления операциями и параметрами устройства. Внешний вид устройства представлен на рисунке 18 [11].



Рисунок 18 – Внешний вид инвертора

Характеристики:

- инвертор, выдающий на выходе не модулированный синусоидальный сигнал;
- конфигурируемый диапазон входного напряжения для бытовой техники;
- конфигурируемая сила тока зарядки АКБ;
- конфигурируемый приоритет заряда от сети питания переменного тока/ солнечных батарей;
- совместимость с напряжением сети электрического питания или питания от электрогенератора;

- защита от перегрузки/ перегрева/ короткого замыкания;
- продуманный алгоритм работы зарядного устройства для аккумуляторов, обеспечивающий оптимальное функционирование аккумуляторных батарей;
- функция холодного запуска;
- съёмный модуль управления на основе ЖК-дисплея;
- обратный коммуникационный порт для системы управления АКБ;
- встроенная функция Bluetooth для удаленного мониторинга;
- конфигурируемый таймер выходного питания от сети переменного тока/солнечных батарей с возможностью задания приоритета.

Таблица 12 – Технические характеристики

Наименование параметра	SILA
Тип устройства	Бестрансформатный
Мощность	10000 Вт
Пиковая мощность	20000 Вт
Входное напряжение	38 В
Функция удаленного управления и мониторинга	Есть
Функция мониторинга через сотовую сеть	Есть
Форма выходного сигнала	Чистый синус
Встроенный контроллер заряда	2 штМРРТ
Выходное напряжение	230 В +-5%
Частота	50 Гц
КПД	93%
Наименование параметра	SILA
Защита от перегрузки	110-150% - 10с; >150% - 5 с
Номинальное входное напряжение	48 В
Собственное потребление	1,5 А/ 35 Вт
Параметры заряда от солнечных батарей	
Максимальная мощность солнечных батарей	4000 Вт
Ток заряда	10 – 80 А (задается программно)
Номинальное напряжение аккумулятора	48 В
Нижний и верхний пороги напряжения аккумуляторов	Задаются программно

Максимальное напряжение солнечных батарей	500 В
Диапазон напряжения солнечных батарей	120 – 450 В
Максимальная сила тока	140 А
Сила тока(по умолчанию)	60 А
Температура хранения	От -15 до + 60 °С
Рабочая температура	От -10 до + 55 °С
Влажность	5 – 95%
Габариты	115x300x400 мм
Вес	10 кг

5.5 Модуль измерения параметров электрической сети МЭ110

Модули предназначены для измерения напряжения, силы тока, частоты, мощности, фазового угла и коэффициента мощности в трехфазных сетях и передачи результатов измерений в сеть RS-485 [2].

Особенности:

- модификации для одно- и трехфазных сетей;
- расширенный температурный диапазон рабочих температур;
- съемные клеммники с невыпадающими винтами;
- обновление встроенного программного обеспечения по RS-485;
- поддержка облачного сервиса OwenCloud.

Таблица 13 – Технические характеристики

Наименование параметра	МЭ110
Количество каналов измерения	3
Время опроса входа	Не более 1 с
Измерение фазного напряжения	
Входной сигнал	(1...400) В, 45... 65 Гц
Максимально допустимое значение, не более 1 с	800 В
Основная приведенная погрешность	±0,25%
Наименование параметра	МЭ110
Входное сопротивление	Не менее 500 кОм
Измерение линейного напряжения	
Входной сигнал	(2...580) В, 45... 65 Гц
Максимально допустимое значение, не более 1 с	800 В

Основная приведенная погрешность	$\pm 0,5\%$
Входное сопротивление	Не менее 500 кОм

Продолжение таблицы 13

Измерение силы тока	
Входной сигнал	0,005...5 А
Максимально допустимое значение, не более 1 с	10 А
Основная приведенная погрешность	$\pm 0,25\%$
Входное сопротивление	Не более 0,01 Ом

На рисунке 19 представлен внешний вид модуля измерения электрической сети.



Рисунок 19 – Внешний вид МЭ110

6 РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ

6.1 Расчет потребления электроэнергии

В современном мире для комфортного проживания необходимо огромное количество электроприборов, которые используются постоянно. Например, холодильник потребляет электроэнергию без прерывно. Так же существуют такие приборы как телевизор, компьютеры так далее. Такими приборами человек пользуется периодически, по несколько часов в день. Для удобства расчёт потребления электроэнергии будет вестись за сутки. Представлен приблизительный список электроприборов, использующихся чаще всего в быту, а также произведен расчет потребляемой энергии.

Таблица 14– Состав нагрузки

Наименование оборудования	Кол-во шт.	Мощность, Вт	Суммарная мощность, Вт	Время работы в течение суток, ч	Потребление за сутки, кВт*ч
Холодильник	1	300	300	24	7,2
Освещение (светодиодные лампы)	15	5	75	5	0,375
Телевизор	1	300	300	4	1,2
Стиральная машина	1	1000	1000	1	1
Компьютер	1	150	150	4	0,6
Электрический чайник	1	1000	1000	0,25	0,250
Утюг	1	1100	1100	0,25	0,275
Посудомоечная машина	1	1500	1500	1	1,5
Вытяжка	1	300	300	2	0,6
Водонагреватель	1	1800	1800	8	14,4
Фен	1	1200	1200	0,25	0,3
Суммарное потребление за сутки					27,7

В таблице 14 представлены средние расчеты потребления электроэнергии. Для понимания расчетов потребления в сутки, рассмотрим

пример. Потребляемая мощность компьютера равна 150 Вт. Если он будет работать на протяжении 4 часов, прибор израсходует $150 \text{ Вт} \cdot 4 \text{ часа} = 600 \text{ Вт}$.

6.2 Расчет количества аккумуляторов

При использовании ветрогенератора и солнечных батарей в качестве источников питания время резервирования будет составлять 8 часов.

Для дальнейших, точных расчетов найдем среднечасовую мощность сутки по формуле (1):

$$W_{\text{ср}} = W_{\text{сут}} / 24 \text{ ч, Вт} \cdot \text{ч} \quad (1)$$

где $W_{\text{ср}}$ – среднечасовая мощность;

$W_{\text{сут}}$ – потребление за сутки.

$$W_{\text{ср}} = 27700 / 24 = 1154 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$$

Потребление за 8 часов:

$$W = 8 \cdot 1154 = 9233 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$$

Далее нужно умножить получившееся значение на коэффициент 1,2 учитывающий потери в инверторе по формуле (2):

$$W_{\text{полн}} = W * K, \text{ Вт} \cdot \text{ч} \quad (2)$$

где $W_{\text{полн}}$ – полное потребление;

W – потребление за 8 часов;

K – коэффициент потери на инверторе.

$$W_{\text{полн}} = 9233 \cdot 1,2 = 11079, \text{ Вт} \cdot \text{ч}$$

Значение входного напряжения инвертора по характеристикам выбранного инвертора 48 В. Разделив значение потребления электроэнергии за сутки с учетом потерь на напряжение, мы получим число Ампер-часов, требуемое для покрытия нагрузки переменного тока по формуле (3):

$$C = W_{\text{полн}} / \sum U_{\text{AB}}, \text{ А} \cdot \text{ч} \quad (3)$$

где $W_{\text{полн}}$ – полное потребление;

ΣU_{AB} –напряжение инвертора.

$$C = 11079 / 48 = 230 \text{ А}\cdot\text{ч}$$

Определяем количество аккумуляторных батарей:

Максимальный допустимый разряд АКБ будет составлять 30% от номинальной ёмкости(если разряжать АКБ сильнее, то они быстро выйдут из строя). Приблизительная емкость АКБ рассчитывается по формуле (4):

$$C_{\text{пр}} = (100\% \cdot C) / 30\%, \text{ А}\cdot\text{ч} \quad (4)$$

где $C_{\text{пр}}$ – суммарная емкость АКБ;

C – емкость для покрытия нагрузки.

$$C_{\text{пр}} = (100\% \cdot 230) / 30\% = 769,41 \text{ А}\cdot\text{ч}$$

Необходимо рассчитать количество, напряжение, способ включения. Стоит учитывать, что при параллельном включении аккумуляторов в цепь суммируется емкость (А*ч), а при последовательном – напряжение (В).

Определим количество последовательно соединенных в ряд АКБ по формуле (5):

$$n_1 = \Sigma U_{\text{AB}} / U \quad (5)$$

где n_1 – количество последовательно соединенных АКБ;

U – напряжение АКБ;

ΣU_{AB} –напряжение инвертора.

$$n_1 = 48 / 12 = 4$$

Расчет количества параллельно соединенных рядов производится по формуле (6):

$$n_2 = C_{\text{пр}} / C_{\text{ном}} \quad (6)$$

где n_2 – количество параллельно соединенных АКБ;

$C_{\text{пр}}$ - суммарная емкость АКБ;

$C_{\text{ном}}$ – номинальная емкость АКБ;

$$n_2 = 769,41 / 200 = 3,8$$

Общее количество АКБ определяется по формуле (7):

$$N = n_1 \cdot n_2 \quad (7)$$

где N – общее количество АКБ;

n_1 – количество последовательно соединенных АКБ;

n_2 – количество параллельно соединенных АКБ.

$$N = 4 \cdot 4 = 16$$

Схема подключения АКБ представлена на Рисунке 11.

6.3 Расчет солнечных батарей

Общая ёмкость аккумуляторных батарей рассчитывается по следующей формуле (8):

$$\Sigma C = C_{\text{ном}} \cdot n_2, \text{ А} \cdot \text{ч} \quad (8)$$

где ΣC – общая емкость АКБ;

$C_{\text{ном}}$ – номинальная емкость АКБ;

n_2 – количество параллельно соединенных АКБ.

$$\Sigma C = 200 \cdot 4 = 800 \text{ А} \cdot \text{ч}$$

Стоит учитывать потери на заряд – разряд аккумуляторной батареи (обычно 20% при использовании специальных батарей), которые можно рассчитать по формуле (9):

$$P = 1,2 \cdot \Sigma C, \text{ А} \cdot \text{ч} \quad (9)$$

где P – потери на заряд – разряд;

ΣC – общая емкость АКБ.

$$P = 1,2 \cdot 800 = 960 \text{ А}\cdot\text{ч}$$

Среднее количество пиковых солнечных часов для местности города Благовещенска составляет 5 часов.

Требуемое число $A\cdot\text{ч}$ от солнечной батареи считается по формуле (10):

$$C = \Sigma C / n_{\text{ч}}, \text{ А}\cdot\text{ч} \quad (10)$$

где ΣC – общая емкость АКБ;

C – требуемая емкость от солнечной батареи;

$n_{\text{ч}}$ – количество пиковых солнечных часов.

$$C = 960 / 5 = 192 \text{ А}\cdot\text{ч}$$

Ток фотоэлектрического модуля в точке максимальной мощности (спецификации производителя) составляет 9,09.

Определяем количество модулей, соединенных параллельно по формуле (11):

$$N = C / I, \text{ А}\cdot\text{ч} \quad (11)$$

где C – требуемая емкость от солнечной батареи;

I – Ток фотоэлектрического модуля в точке максимальной мощности.

$$N = 192 / 9,09 = 21,12 \text{ А}\cdot\text{ч}$$

Окончательное количество солнечных батарей в системе 22 штуки.

7 РАСЧЕТ СТОИМОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ

В таблице 15 представлена стоимость основного оборудования в системе. Для наглядности выведена общая стоимость основного оборудования. В таблице приведены только стоимость основного оборудования для комбинированной системы. Для подсчета точной суммы необходимо учитывать все дополнительные изделия. Например, для подключения всех устройств обязательно должны быть провода определенного сечения и определенного количества метров. Также для установки солнечных батарей необходимо устанавливать их на специальные крепления. Можно предположить, что автоматизированная автономная система для жилого дома достаточно дорогостояща. Однако, все зависит от потребления электроэнергии и эффективности выбранного оборудования.

Таблица 15 – Стоимость необходимого оборудования

Наименование	Кол-во	Стоимость
Программируемы логический контроллер 154	1	27000
Модуль измерения параметров электросети МЭ110	1	5000
Поплавковый датчик уровня	1	2200
Гибридный инвертор Silapro 10000mh	1	250000
Ветрогенератор Exmork	1	85000
Термопара	1	800
Солнечная батарея TWsolar	22	352000
АКБ	20	740000
Дизельный генератор Denzel DD6300E	1	75000
Источник бесперебойного питания	1	8500
Автомобильный аккумулятор TenaxPremium	1	5000
Общая стоимость оборудования		1550500

Рассмотрим положительные стороны данной системы:

- автономная система электроснабжения позволяет забыть о всех счетах за электроэнергию, то есть система сама себя окупает за какое-то время;
- используемое оборудование в система обладает внушительным запасом надежности, и при должном техническом обеспечении выходит из строя крайне редко;

– всевозможные аварии и скачки напряжения на линиях электропередач никак не повлияют на комфорт жителей такого дома.

Если мыслить масштабно, и учитывать опыт применения домашних электростанций в странах Западной Европы, то можно не только полностью удовлетворять собственные потребности в электроэнергии, но и реализовывать ее излишки. Для этого существуют специальные программы взаимодействия с компаниями энергетического комплекса. Естественно, такой подход ускорил бы окупаемость затрат и даже вывел собственный «энергоблок» в прибыльное начинание. Правда, чтобы выйти на подобный уровень требуется не только реализация тщательно продуманного проекта с весьма значительными стартовыми затратами, но и прохождение целого ряда бюрократических процедур и технических экспертиз. Тем не менее, подобное направление в «частной электроэнергетике» имеет немалый потенциал будущего развития.

Стоит учитывать и недостатки систем автономного электроснабжения:

- для реализации системы необходимы внушительные затраты на покупку оборудования, а также его монтаж и отладку;
- необходимо производить регулярное техническое обслуживание и обеспечивать должный уход оборудования;
- проведение регулярных профилактических мероприятий также требует затрат. Их обязательно должен производить специалист.

Исходя из всего вышеперечисленного целесообразность автономной системы электроснабжения достаточно объективна. Например, если дом расположен далеко от линий ЛЭП или же стоимость электроэнергии слишком высока. Именно по этим причинам тенденция к независимому получению электроэнергии будет только развиваться.

8 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Функциональная схема автоматизации – это основной технический документ, представляющий собой совокупность функциональных блоков, определяющих контроль, управление и регулирование технологическим процессом. Она чертежпредставляет собой, на котором схематически изображены: технологическое оборудование; коммуникации; органы управления и средства автоматизации с указанием связей между технологическим оборудованием и элементами автоматики. Вспомогательные устройства, такие, как редукторы, фильтры для воздуха, источники питания, соединительные коробки и другие монтажные элементы, на функциональной схеме автоматизации не показываются.

Как правило, функциональная схема автоматизации выполняются на одном чертеже, на котором изображают аппаратуру всех систем контроля, регулирования, управления и сигнализации, относящуюся к данной технологической установке. На основании функциональной схемы автоматизации выполняются остальные чертежи проекта и составляют ведомости и заказные спецификации приборов и средств автоматизации.

Рассмотрим функциональную схему электроснабжения жилого дома.

На данной функциональной схеме представлены как основные источники энергии: солнечные батареи и ветрогенератор и как резервный источник питания: дизельный генератор. Солнечные батареи подключены и ветрогенератор подключены к специальному контроллеру заряда со встроенным инвертором. Солнечные батареи подключены друг к другу параллельно чтобы увеличить ток. Так же к контроллеру заряда подключены аккумуляторные батареи. После контроллера следует устройство АВР. Устройство АВР (автоматическое включение резерва) необходимо для включения резервного оборудования взамен основного отключившегося. К АВР подключен дизельный генератор, который обеспечивает бесперебойную подачу электроэнергии потребителю. Для наглядности и удобства

использования дизельного генератора к нему был подключен датчик уровня жидкости в бензобаке. Если уровень топлива ниже нормы, то датчик подает сигнал и лампа загорается. Так же к системе подключен прибор для анализа параметров электрической сети. Он производит мониторинг характеристик электрической сети. Полную схему см. в Приложении Б. В таблице 16 представлен полный перечень используемых сигналов.

Таблица 16 – Перечень используемых сигналов

№	Наименование прибора	Тип используемого сигнала
1	Прибор для считывание параметров электрической сети	интерфейс RS-485
2	Датчик температуры	аналоговый сигнал
3	Датчик уровня	дискретный сигнал
4	Контактор электромагнитный	дискретный сигнал
5	Контактор электромагнитный	дискретный сигнал
6	Контактор электромагнитный	дискретный сигнал

9.2 Разработка управляющей программы системы водоснабжения и теплоснабжения коттеджа

Эмуляция программы происходит с помощью виртуального контроллера. Управляющая программа написана на языках STи LD в программной среде разработки программ для ПЛК CODESYS. Программа полноценно отражает технологический процесс электроснабжения жилого дома. Программа включает в себя несколько подпрограмм:

- PLC_PRG – главная подпрограмма с помощью которой происходит вызов других подпрограмм, также в ней отображена логика системы в автоматическом режиме;

- manual – подпрограмма логических переключателей элементов системы.

Также программа включает в себя два окна визуализации:

- avto – экран визуализации протекающего технологического процесса;

- manual – экран щита управления системы.

Главная подпрограмма PLC_PRG (рисунок 21 - 25) написана на языке ST, в коде программы описан алгоритм действий работы системы в автоматическом режиме: включение батарей к потребителю, запуск дизельного генератора и отключение батарей, также реализован алгоритм действий в случае аварии системы [16].

В начале работы системы объявляется вспомогательная подпрограмма ручного управления, далее ведется настройка триггеров запуска системы, затем производится настройка таймера на запуск генератора, на интервал после запуска и переключением потребителя и производится проверка – в каком режиме работает система.

Следом при обнаружении нахождения системы в автоматическом режиме происходит переход в состояние 0(ожидание пуска). Если

срабатывает пуск, то выключается работа лампы и происходит переход в состояние 1.

```
0001 PROGRAM PLC_PRG
0002 VAR
0003     a: BOOL;
0004     timer_puska:TON;
0005     timer_pereklucheny:TON;
0006     RS1:RS;
0007     RS2:RS;
0008     state:INT;
0009 END_VAR
0010 <
0001 manual;
0002 RS1(SET:=start, RESET1:=stop);
0003 RS2(SET:=b, RESET1:=a);
0004 timer_puska(IN:=b, PT:=T#4s);
0005 timer_pereklucheny(IN:=b, PT:=T#12s);
0006 puska_generator:=RS2.Q1;
0007 IF signal_manual THEN
0008 CASE state OF
0009 0:
0010 signal_start:=0;
0011 signal_stop:=1;
0012 KM_generator:=0;
0013 KM_batary:=0;
0014 b:=0;
0015 a:=1;
0016 alarm:=0;
0017 IF RS1.Q1 THEN
0018     signal_start:=1;
0019     signal_stop:=0;
0020     state:=1;
0021 ELSE
0022     signal_start:=0;
0023     signal_stop:=1;
0024     KM_generator:=0;
0025     KM_batary:=0;
0026     b:=0;
0027     a:=1;
0028     alarm:=0;
0029 END_IF
```

Рисунок 21 – Запуск системы

В состоянии 1 происходит включение батарей к потребителю, далее ведется проверка уровня выходного напряжения батарей, при напряжении ниже 200В происходит переход в состояние 2(включение генератора). Также ведется проверка уровня температуры генератора, если температура

генератора достигает значения - 119, происходит переход в состояние 4(авария системы) (рисунок 22).

```
0030 1:
0031 IF stop THEN
0032     state:=0;
0033 END_IF
0034 IF U_batary < 200 THEN
0035     KM_generator:=0;
0036     state:=2;
0037 ELSE
0038     KM_batary:=1;
0039     a:=1;
0040     b:=0;
0041     IF signal_batary THEN
0042         signal_potrebitel:=1;
0043     END_IF
0044 END_IF
0045 IF temp_generatora>119 THEN
0046     state:=4;
0047 END_IF
```

Рисунок 22– Включение батарей потребителю

В состоянии 2 происходит запуск генератора и отключение батарей от потребителя. Также ведется проверка уровня напряжения батареи, при достижении 200В происходит переход в состояние 1(включение батарей потребителю), аналогично состоянию 1 происходит проверка уровня температуры генератора (рисунок 23).

```
0048 2:
0049 b:=1;
0050 KM_batary:=0;
0051 IF U_batary>200 THEN
0052     state:=1;
0053 END_IF
0054 IF timer_puska.Q THEN
0055     state:=3;
0056 END_IF
0057 IF stop THEN
0058     state:=0;
0059 END_IF
0060 IF temp_generatora>119 THEN
0061     state:=4;
0062 END_IF
```

Рисунок 23– Запуск дизельного генератора

В состоянии 3 повторное подключение генератора. При отработке таймера интервала после запуска и приключения к потребителю отработал и значение напряжения генератора меньше 200В происходит переход в

состояние 2, в котором происходит повторный запуск генератора. Если же после отработки таймера значение напряжения генератора достигло 200В, то происходит подключение генератора к потребителю. Далее если напряжение на аккумуляторах стабилизировалось, то происходит переход в состояние 1(включение батарей потребителю), также аналогично состояниям 1-2 ведется контроль уровня температуры генератора (рисунок 24).

```

0063 3:
0064 a:=0;
0065 IF timer_pereklyucheny.Q AND U_generator<200 THEN
0066 b:=0;
0067 state:=2;
0068 ELSIF timer_pereklyucheny.Q AND U_generator>200 THEN
0069 KM_generator:=1;
0070 IF U_batary>200 THEN
0071 state:=1;
0072 END_IF
0073 END_IF
0074 IF stop THEN
0075 state:=0;
0076 END_IF
0077 IF temp_generator>119 THEN
0078 state:=4;
0079 END_IF

```

Рисунок 24– Подключение генератора

В состоянии 4 происходит отработка алгоритма действий при аварии, а именно, остановка системы, отключение генератора и батареи от потребителя и ожидается нажатие кнопки сброса для возвращения в состояние 0(Запуск системы) (рисунок 25).

```

0080 4:
0081 signal_start:=0;
0082 signal_stop:=1;
0083 KM_generator:=0;
0084 KM_batary:=0;
0085 b:=0;
0086 a:=1;
0087 alarm:=1;
0088 IF reset THEN
0089 state:=0;
0090 END_IF
0091 END_CASE
0092 END_IF

```

Рисунок 25– Обработка аварии системы

В подпрограмме manual (рисунок 26) реализована релейная схема на языке LD. В этой подпрограмме реализована работа системы и соответствующие блокировки при управлении с щита управления.

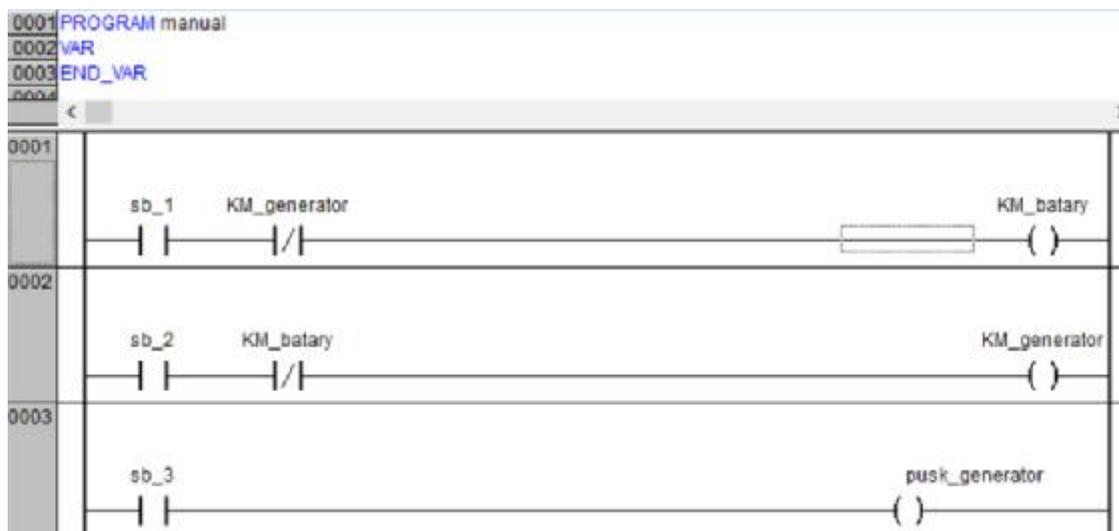


Рисунок 26– Подпрограмма «manual»

В окне визуализации manual (Рисунок 27) представлен щит управления, с помощью которого можно:

- включать/выключать батарею к потребителю;
- включать/выключать генератор к потребителю;
- включать/выключать генератор;
- индикации работы батареи и генератора, низкого уровня топлива в баке, режима работы системы;
- переключение руч/авто режимов.

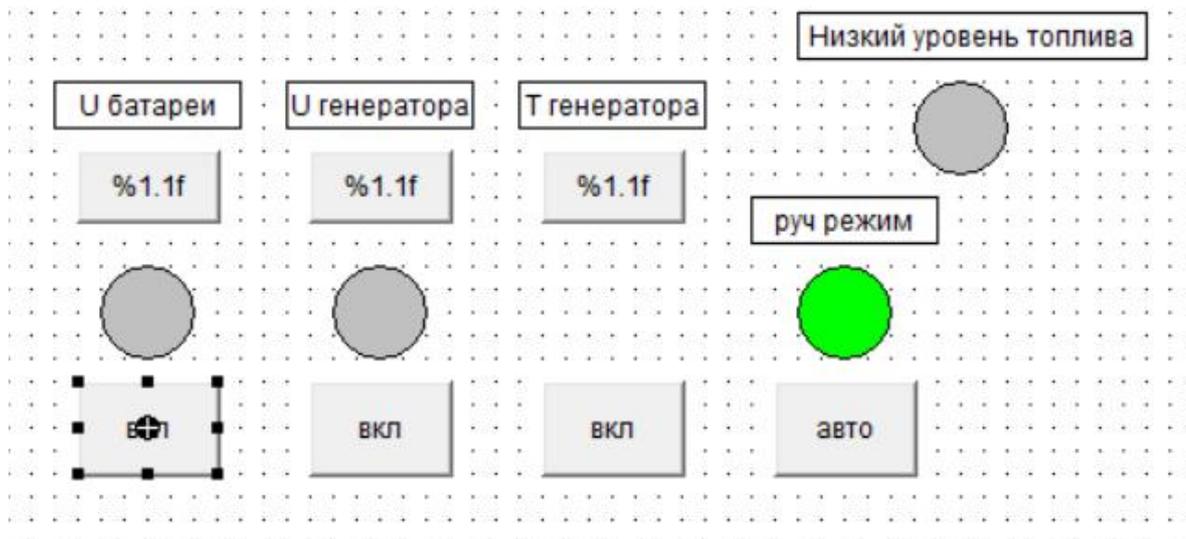


Рисунок 27– Щит управления системой

В окне визуализации avto отображен протекающий технологический процесс в настоящее время (рисунок 28).

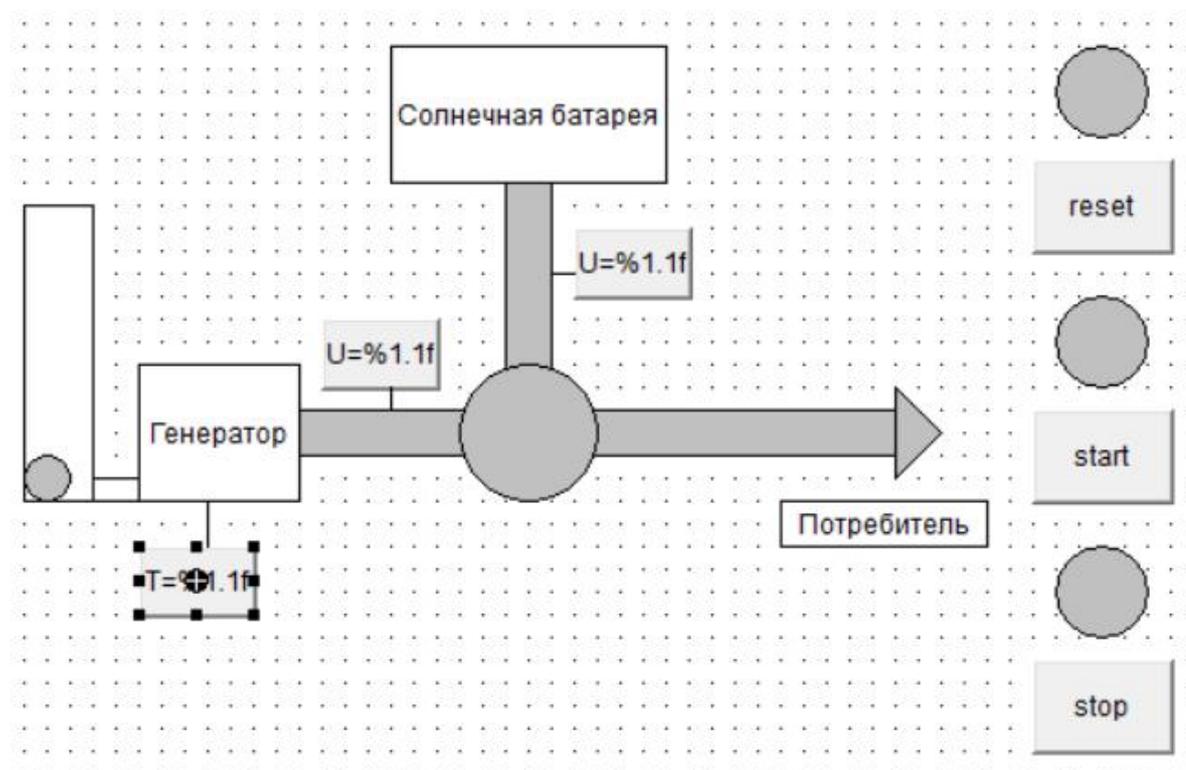


Рисунок 28– Визуализация технологического процесса

10 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

10.1 Общие правила техники безопасности

Раздел безопасности жизнедеятельности представляет собой комплекс мер по предотвращению возникновения чрезвычайных ситуаций на производстве. В данной системе рассмотрены все возможные аспекты техники безопасности в домашних условиях.

В электроустановках все типы работ делятся на несколько категорий:

- работа со снятием напряжения;
- работа без снятия напряжения;
- работа под напряжением.

Работа со снятием напряжения должна происходить при полном или частичном отключении оборудования электроустановки. В таком случае, работающий, не должен приближаться к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

Работа без снятия напряжения происходят без отключения оборудования электроустановки. При этом работать разрешается за постоянными и временными ограждениями токоведущих частей, на корпусах оборудования, на поверхности оболочек кабелей, а также на расстояниях от

не ограждённых токоведущих частей, находящихся под напряжением.

Работы под напряжением выполняются непосредственно на токоведущих частях, находящихся под напряжением, с применением электрозащитных средств, а также на расстояниях от токоведущих частей. Такие работы необходимо проводить в специально изолированных электрозащищённых средствах (изолирующие перчатки, диэлектрические боты).

Правила эксплуатации ветрогенераторов:

- никогда нельзя прикасаться к работающим лопастям во избежание нанесения увечий;
- приближаясь к ветрогенератору стоит всегда помнить о том, что он может изменить направление;
- использовать только исправное оборудование;
- неправильная эксплуатация прибора может привести к трагическим последствиям;
- обязательно необходимо производить техническое обслуживание и проверку всех соединений и болтов.

Правила эксплуатации солнечных батарей:

- запрещается работа с солнечными батареями в дождливую и пасмурную погоду;
- необходимо проверять каждый месяц целостность самой батареи и креплений;
- содержать инвертор от пыли и грязи во избежание перегрева устройства;
- периодически проверять всю электропроводку на предмет утечки.

Правила эксплуатации дизельного генератора:

- необходимо постоянно устранять пролившееся масло и топливо;
- нельзя производить чистку или наладку на работающем

двигателе;

- запрещается заправлять установку при работающем двигателе;
- запрещается снимать крышку радиатора на работающем двигателе;
- во избежание пожара, необходимо следить за отсутствием искр на электроприборе.

Наименьшее допустимое расстояние от людей и применяемых ими инструментов и приспособлений, а также от временных ограждений до токоведущих частей показано на рисунке 29.

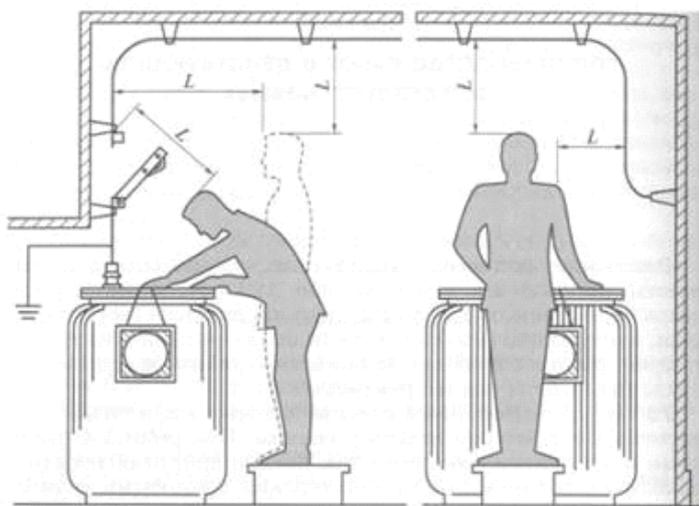


Рисунок 29– Наименьшие допустимые расстояния от человека до токоведущих частей

10.2 Способы и средства пожаротушения

Существует огромное количество классификаций горения:

1 По свойствам горючего:

- гомогенное горение;
- техногенное горение.

Гомогенное горение – горение, при котором исходные вещества имеют одинаковое агрегатное состояние (например, горение газов);

Гетерогенное горение – горение твердых и жидких горючих веществ.

2 По скорости распространения пламени:

- дефлаграционное, свойственным пожарам, (около 10 м/с);
- взрывное (порядка сотни метров в секунду);
- детонационное (порядка тысячи метров в секунду) горение.

3 По процессу возникновения горения:

– возгорание – возникновение горения под воздействием источника зажигания. Как возгорание характеризуется возникновение горения веществ и материалов при воздействии тепловых импульсов с температурой выше температуры воспламенения;

– воспламенение – возгорание, сопровождающееся появлением пламени;

– самовозгорание – явление резкого увеличения скорости экзотермических реакций, приводящее к возникновению горения вещества (материала, смеси) при отсутствии источника зажигания. К процессу самовозгорания относится возникновение горения при температурах ниже температуры самовоспламенения.

– самовоспламенение – самовозгорание, сопровождающееся появлением пламени;

– взрыв – чрезвычайно быстрое химическое (взрывчатое) превращение, сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить механическую работу.

Наибольшее распространение в практике пожаротушения получили следующие принципы прекращения горения:

– охлаждение очага горения ниже определенных температур;

– изоляция очага горения от воздуха или снижение путем разбавления воздуха негорючими газами концентрации кислорода до значения, при котором не может происходить горение;

– создание условий огнепреграждения, т.е. таких условий, при которых пламя распространяется через узкие каналы.

– интенсивное торможение (ингибирование) скорости химической

реакции в пламени;

– механический срыв пламени в результате воздействия на него сильной струи газа и воды.

10.3 Молниезащита объекта

Фактическую основу защиты элементов электрических установок от атмосферных перенапряжений и, соответственно, от поражения прямыми ударами молнии составляет устройство молниеотводов, то есть хорошо заземленных проводников, располагаемых выше, чем защищаемые элементы электрической установки: Вертикально – Осевая Ветроэнергетическая Турбина, фотоэлектрический модуль и основное здание в котором расположено основное радиотехническое оборудование

Имеются три категории устройств молниезащиты: I и II – защищает от прямых ударов, электростатической и электромагнитной индукции и заноса высоких потенциалов. III – от прямых ударов и заноса высоких потенциалов. Зона защиты молниеотвода – это часть пространства, внутри которого объект защищен от ударов молнии с определенной степенью надежности: зона типа А-99. 5% и выше, Б-95% и выше.

Например, I категорию защиты и зону типа А должны иметь взрывоопасные объекты по ПТЭ класса VI и VII, а II-VIа и VIIа причем зоной защиты типа А при ожидаемом количестве поражений в год больше одного, а также Б - меньше одного.

Для приема электростатического заряда молнии и отвода ее токов в землю служат специальные части молниезащиты-молниеотводы, которые состоят из несущей части (опоры), молниеприемника, токоотвода и заземлителя.

По конструкции различают молниеотводы:

– одиночный стержневой;
– двойной стержневой – это 2 стержневых молниеотвода, расположенные по разные стороны защищаемого объекта;

- тросовый – между двойными стержневыми молниеотводами натянута стальной трос;
- молниеприемная сетка, укладываемая на неметаллическую кровлю.

Опоры молниеотводов могут выполняться из стали, железобетона, дерева. Молниеприемники стержневые изготавливаются из стали сечением не менее 100 мм² и длиной не менее 200 мм. В качестве молниеприемника могут служить металлические конструкции объектов (трубы, дефлекторы, кровля).

Молниеприемники тросовых молниеотводов выполняются из стального многопроволочного оцинкованного троса сечением не менее 35 мм². Молниеприемная сетка выполняется из стальной проволоки 6-8 мм или полосовой стали сечением не менее 46 мм² и укладывается непосредственно на кровлю или под слой негорючего утеплителя или гидроизоляции. Узлы сетки соединяются сваркой. Размер ячеек должен быть не более 36 м² (6*6 м) для защиты II категории и 150 м² (12*12) для III категории.

Для молниезащиты II и III категории допускается в качестве молниеприемника использовать металлическую кровлю.

Все металлические элементы объекта, расположенные на крыше должны быть соединены с металлом кровли или сетки, а неметаллические элементы, возвышающиеся над кровлей должны иметь дополнительные молниеприемники.

Токоотводы, соединяющие сетку или кровлю с заземлителями, прокладываются не реже, чем через 25 м по периметру здания.

Токоотводы выполняются в виде стальных тросов, полос, труб, сечением (24-48 мм²) согласно и прокладываются к заземлителям кратчайшим путем.

Заземлители делятся на:

- углубленные из полосовой или круглой стали, укладываемые на

дно котлована;

- вертикальные из стальных ввинчиваемых стержней (2-5 м) или на уголковой стали; верхний конец заземлителя углубляется на 0,6 – 0,7 м;
- горизонтальные – из круглой или полосовой стали (160мм²) уложенные на глубине 0,6 – 0,8 м в виде одного или нескольких симметричных лучей;
- комбинированные – вертикальные и горизонтальные. Сечение элементов заземлителей должны быть не менее требуемых.

Соединение молниеприемников токоотводов и заземлителей на сварке. Среднегодовая интенсивность грозовой деятельности в часах определяется по спецкарте.

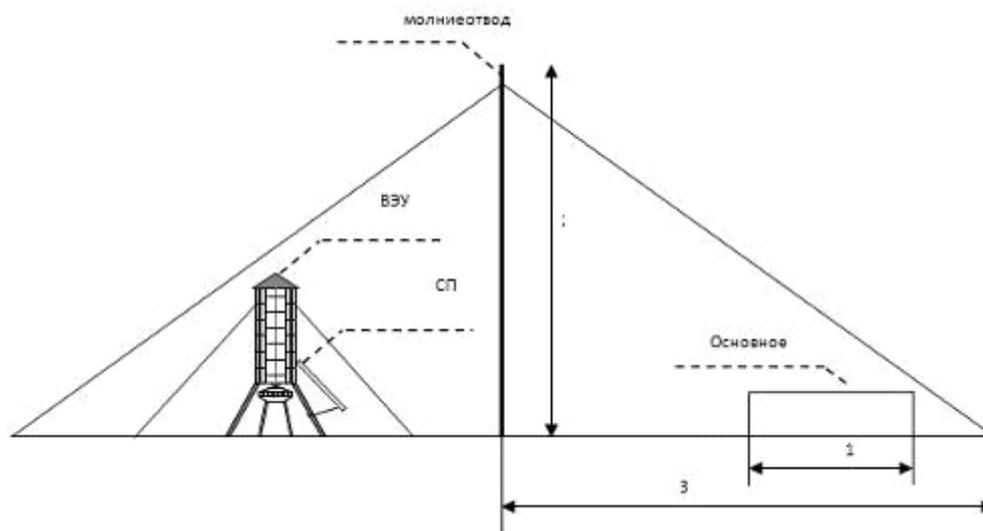


Рисунок 30 – Молниезащитная зона

Защитные свойства стержневого молниеотвода характеризуется зоной защиты, под которой понимают пространство вокруг молниеотвода, где поражение защищаемого объекта атмосферными разрядами маловероятно.

Таким образом, при высоте молниеотводов 22м, данная ВЭУ будет находиться в защитной зоне (рисунок 30).

По результатам расчёта производим необходимые построения очертаний зоны защиты.

При установке молниеотводов на порталах подстанции для повышения

надёжности грозозащиты необходимо:

- у стоек конструкций с молниеотводами устраивать дополнительный заземлитель из двух, трёх труб длиной три, пять метра;
- обеспечить растекание тока молнии от конструкций к молниеотводу не менее чем в трёх, четырёх направлениях;
- число изоляторов в гирляндах на порталах увеличить на два изолятора по сравнению с обычным;
- присоединение заземлителя трансформаторов производить на расстоянии не менее пятнадцати метров от заземлителя молниеотвода.

10.4 Схемы защитного зануления и заземления

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние соседних токоведущих частей, вынос потенциалов, разряд молнии, наведение статического электричества и др.).(схема защитного заземления приведена на рисунке 31)

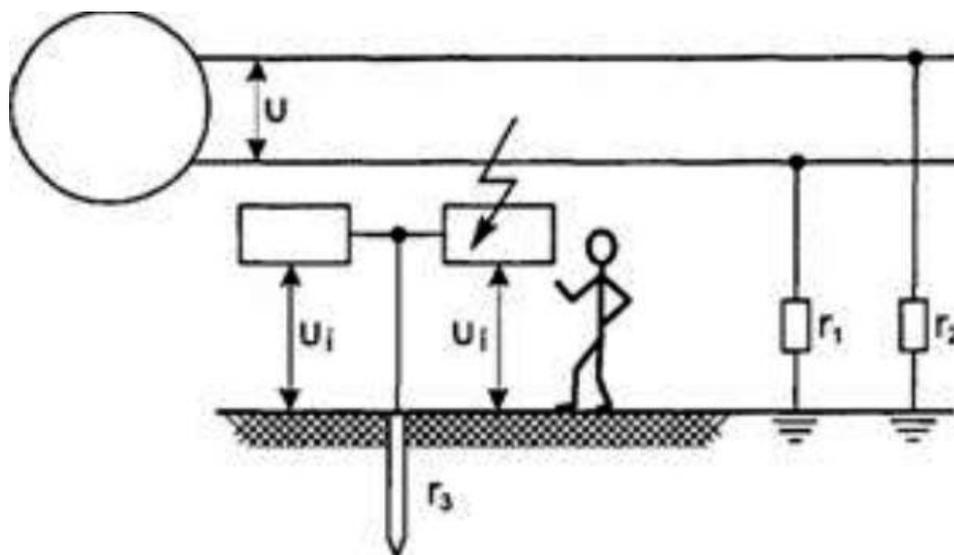


Рисунок 31 – Схема защитного заземления

Защитное зануление – система, в которой токоведущие части оборудования, не находящиеся в норме под напряжением, соединены с

нейтралью. В защитных целях преднамеренно создается соединение между открытыми проводящими элементами глухозаземленной нейтрали (в сетях трехфазного тока). (схема защитного зануления приведена на Рисунке 32)

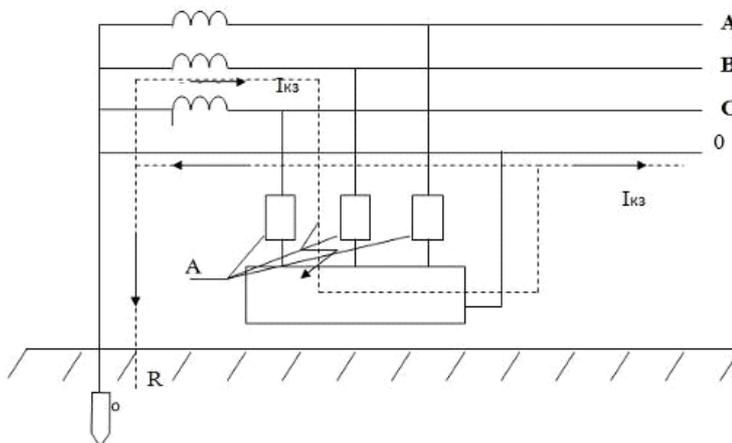


Рисунок 32 – Схема сети с занулением

Разница между заземлением и занулением проявляется в том, что в первом случае отключение питающей цепи происходит за счет стекания опасного тока в землю, а во втором – в результате превышения токовой уставки в автомате. В УЗО, по определению, защита срабатывает из-за появления утечек через тело человека, прикоснувшегося к корпусу неисправного оборудования. На рисунке 33 показана схема заземления и зануления.



Рисунок 33 – Схема заземления и зануления

Таким образом, зануление сочетает функции двух видов защитных устройств – заземления и защитного отключения и включает в себя следующие элементы:

- магистраль зануления – металлический проводник, связанный с нейтралью трансформатора, к которому присоединяются металлические элементы электрооборудования, нормально изолированные от напряжения;
- ответвление магистрали к электрооборудованию – металлический проводник, связывающий элементы электрооборудования, подлежащие занулению, с магистралью зануления;
- аппарат отключения – коммутационный аппарат, через который электрооборудование присоединяется к питающей сети, реагирующий на ток однофазного замыкания на корпус и отключающий аварийное электрооборудование от сети;
- повторные заземления магистрали – связи магистрали с землей через заземлители с невысоким сопротивлением, выполняемые на определенных участках системы зануления.

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

- основная изоляция токоведущих частей;
- ограждения и оболочки;
- установка барьеров;
- размещение вне зоны досягаемости;

Для дополнительной защиты от прямого прикосновения в электроустановках напряжением до 1 кВ, при наличии требований других глав ПУЭ, следует применять устройства защитного отключения (УЗО) с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА.

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

- защитное заземление;
- автоматическое отключение питания;
- двойная или усиленная изоляция;
- защитное электрическое разделение цепей;
- изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

Меры защиты от поражения электрическим током должны быть предусмотрены в электроустановке или ее части либо применены к отдельным электроприемникам и могут быть реализованы при изготовлении электрооборудования, либо в процессе монтажа электроустановки, либо в обоих случаях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении выпускной квалификационной работы была разработана комбинированная автономная система электроснабжения жилого дома. Выполнены все требования безопасности в соответствии с существующими стандартами для жизнеобеспечения жилого дома.

В соответствии с расчетными данными был произведен подбор оборудования. Также были разработаны функциональная и принципиально-электрическая схемы, а также подобраны соответствующие средства автоматизации. создано управляющее программное обеспечение и имитационная модель для демонстрации работы системы.

Рассмотрены технические мероприятия обеспечения электробезопасности, способы и средства пожаротушения. Произведен расчет затрат на автономное энергообеспечение дома.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Owen.ru: ПЛК 154 [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: https://owen.ru/product/plk100_150_154. – 04.02.2021.
- 2 Owen.ru: Модуль измерения параметров электрической сети [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: owen.ru/product/moduli_izmereniya_parametrov_elektricheskoi_seti/specifications. – 05.03.2021.
- 3 Owen.ru: ПДУ-Ех поплавковые датчики [Электронный ресурс] – 2021. –
Режим доступа: owen.ru/product/poplavkovie_datchiki_urovnya_vo_vzrivozashishennom_ispolnenii_oven_pdu_ex. – 04.02.2021.
- 4 Owen.ru: ДТП терморпары [Электронный ресурс]. – 2021. –
Режим доступа: owen.ru/product/dtp_termopari_na_osnove_ktms_visokotemperaturnie. – 08.02.2021.
- 5 Chipdip: Источник бесперебойного питания [Электронный ресурс]. – 2006. – Режим доступа:

https://www.chipdip.ru/product/bk500ei2?yclid=3503962961106984506&utm_source. –17.04.2021.

6 Alternenergy.ru: Ветрогенератор Exmork [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: alternenergy.ru/shop/vetrogenerator/vetrogenerator-serii-exmork/vetrogenerator-exmork-2-kvt. –10.01.2021.

7 Sosvetom.ru: Солнечная батарея [Электронный ресурс]. –2021. – Режим доступа: sosvetom.ru/cat/solnechnaya-batareya-twsolar-shingled-pm-60s-340-vt/. –05.03.2021.

8 Parus-electro.ru: Аккумуляторные батареи ёмкостью 200 Ач [Электронный ресурс]. –2021. – Режим доступа: parus-electro.ru/battery/emkost/akb_200ah/. –04.03.2021.

9 Bigam.ru: Генератор дизельный DD6300E [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: bigam.ru/product/generator-dizelnyj-dd6300e-5-0-kvt-220-v50-gc-15-l-elektrostarter-denzel-968433. – 17.02.2021.

10 Akbauto.ru: АккумуляторавтомобильныйTenax Premium [Электронныйресурс]. – 2021. –Режимдоступа: akbauto.ru/tenax/akkumuljator-avtomobilnyj-tenax-premium-60-ach-obr-pol-te-h5-1/. – 04.02.2021.

11 Солнечнаяэлектростанция.рф: ГибридныйсолнечныйинверторSILA [Электронныйресурс]. –2013. – Режимдоступа: msk.solar-e.ru/catalog/inventory/gibridnyu-solnechnyy-invertor-sila-5000m-plus-pf-1-0/. – 04.02.2021.

12 Wikichi.ru: Возобновляемаяэнергия [Электронныйресурс]. –2021. –Режимдоступа: wikichi.ru/wiki/Renewable_energy. – 04.04.2021.

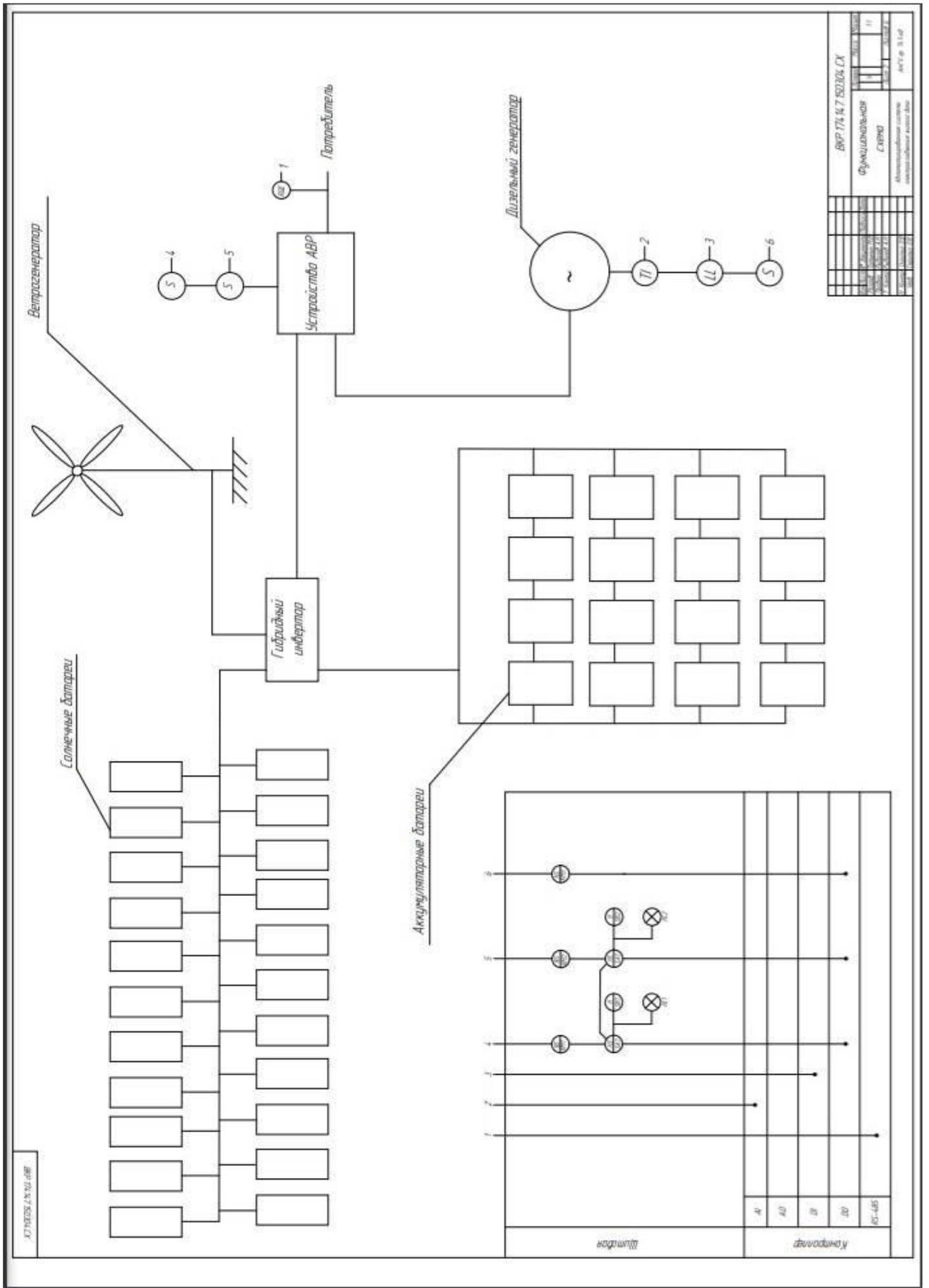
13 Betaenergy.ru: Значениенаправленияискоростиветравг. Благовещенск [Электронныйресурс]. – 2021. –Режимдоступа: betaenergy.ru/windspeed/blagoveshchensk/. – 04.02.2021.

14 Betaenergy.ru: Значениесолнечнойинсоляциивг. Благовещенск [Электронныйресурс]. – 2021. –Режимдоступа: <https://www.betaenergy.ru/insolation/blagoveshchensk/>. – 04.05.2021.

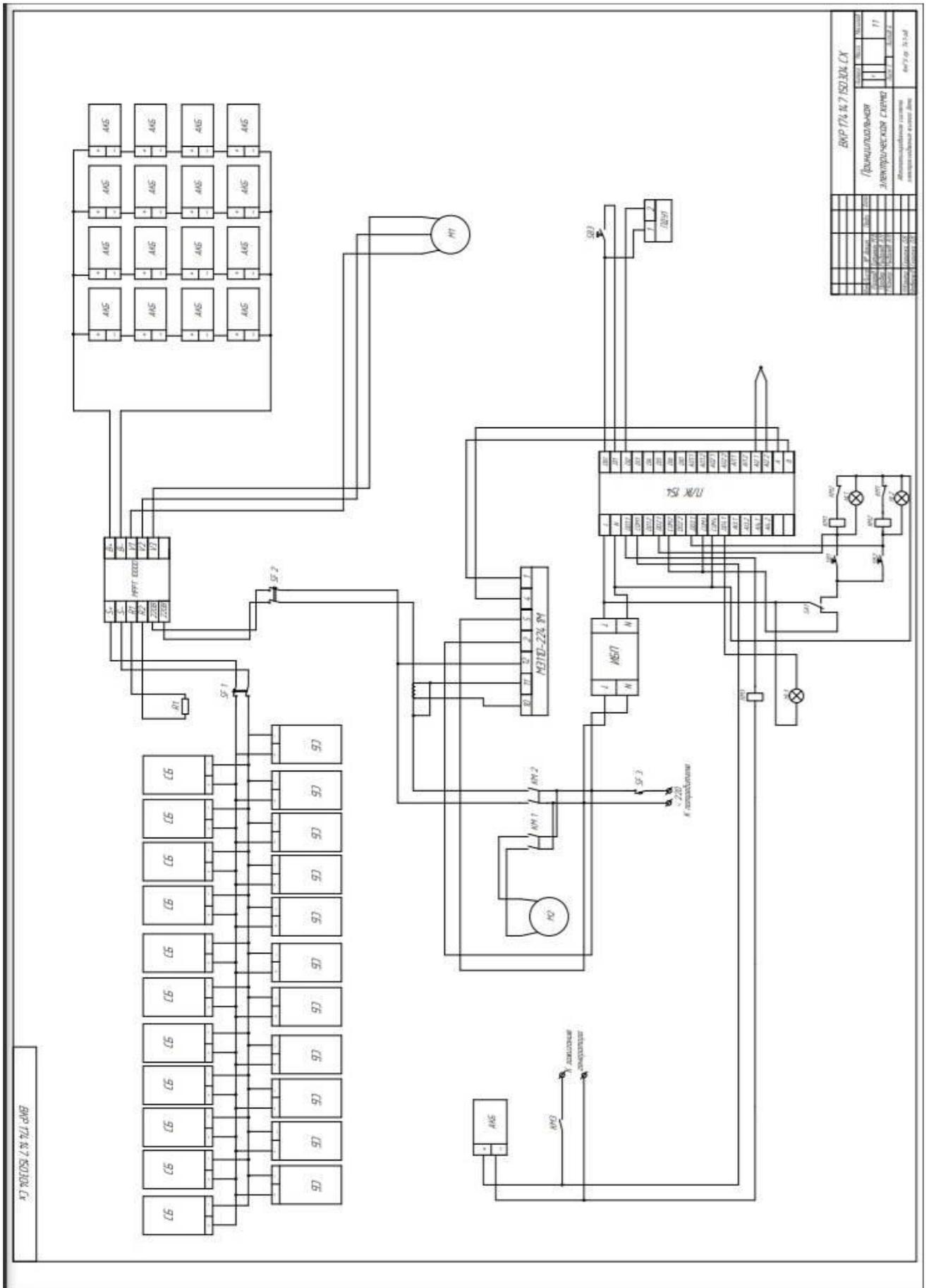
15 Рыбалёв, А.Н. Разработка и эмулирование АСУ ТП с использованием программ разных производителей и типов / А.Н. Рыбалев, Ф.А. Николаец // Вестник Амурского государственного университета. – 2014. – №65. – С.73–82

16 Рыбалёв, А.Н. Имитационное моделирование АСУ ТП. Монография./ А.Н. Рыбалев//Издательство АмГУ. – 2019. – 408 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А



ПРИЛОЖЕНИЕ В



БРП 174.6.7 КСД.08.СХ	
Исполнитель	И.И.И.
Проверенный	И.И.И.
Электронный вариант	И.И.И.
Дата разработки	И.И.И.
Дата утверждения	И.И.И.
Исполнитель	И.И.И.
Проверенный	И.И.И.
Электронный вариант	И.И.И.
Дата разработки	И.И.И.
Дата утверждения	И.И.И.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

