

Содержание

Введение.....	3
1. Теоретический раздел.....	5
1.1 Основы солнечной энергетики.....	5
1.2 Виды солнечных батарей.....	9
1.3 Основные типы ветрогенераторов.....	24
1.4 Системы резервного питания.....	31
1.5 Системы «умного дома» с альтернативными источниками.....	36
2. Исследовательский раздел.....	49
2.1 Начальные данные.....	49
2.2 Расчет выработки ветрогенератора для Самарской области.....	55
2.3 Расчеты для выбора солнечных панелей для Самарской области.....	57
2.4 Итоговый расчет.....	62
3. Проектный раздел.....	64
3.1 Выбор необходимых компонентов.....	64
3.2 Разработка и создание конструкции и программы устройства.....	70
Заключение.....	76
Список используемой литературы.....	78

Введение

В настоящее время почти на всей территории Российской Федерации население имеет доступ к электричеству для обеспечения энергией свои жилые помещения и электроприборы. К сожалению, не всех потребителей традиционных видов электрической энергии устраивает качество доступного сетевого напряжения питания, например постоянные кратковременные или долговременные прерывания питания в сети или его низкое качество, которое может негативно влиять на чувствительные приборы. Поэтому с целью решения вопроса постоянной доступности электроэнергии были созданы специальные резервные источники питания.

Система управления резервными источниками питания – комплекс средств и методов управления, необходимых для обеспечения бесперебойной работы всего оборудования, находящегося в доме с данной системой. Когда происходит сбой или экстренное отключение подачи электроэнергии от стационарной электросети, тогда система с резервным электроснабжением обеспечивает потребности находящихся в доме электроприборов до тех пор, пока не произойдет восстановление основного источника питания. В автономных системах питания могут использоваться различные виды источников питания, которые способны на обеспечение независимого электроснабжения от основной сети. Основным назначением у современных источников резервного питания является осуществление постоянного доступа к электричеству даже при проблемах с основным источником электроэнергии. Наиболее современные и перспективные системы резервного питания предполагают полный контроль и управление, как за источниками альтернативной энергии, так и за самой системой посредством использования беспроводных методов, так, что пользователь может удаленно наблюдать за работой всего комплекса обеспечения резервным питанием.

В рамках данной магистерской диссертации предполагается изучить и рассмотреть основные источники альтернативной энергии, их энергетическую эффективность в сравнении с традиционными сетями, а также сами системы обеспечения и управления резервным питанием помещений и бытовых приборов. Также предполагается разработка, создание и отладка небольшого макета устройства системы управления резервными источниками питания, который будет функционировать при помощи специального микроконтроллера и нескольких модулей управления. С помощью данного макета можно на практике продемонстрировать работу системы резервного питания с применением в качестве источников питания основные элементы альтернативной энергетики.

Целью данной магистерской диссертации является создание макета системы управления резервными источниками питания на основе источников альтернативной энергии.

Для достижения поставленной цели работы необходимо решить следующие **задачи**:

- Анализ основных видов источников альтернативной энергии
- Обзор основных видов систем резервного питания
- Разработка схемы макета устройства
- Выбор компонентов, которые будут необходимы для создания макета устройства
- Создание программы работы макета системы
- Реализация макета предполагаемой системы

1. Теоретический раздел

1.1 Основы солнечной энергетики

В современном мире в качестве альтернативных источников энергии используют возобновляемые, экологически чистые ресурсы, впоследствии преобразуя их в электрический и тепловой вид энергии, используемой человечеством для различных нужд. Основными источниками альтернативной энергии являются: солнечная и ветровая энергия, течения воды в реках и морях, тепло, которое можно получать с поверхности земли, а также различные виды биологического топлива, получение которого связано с жизнедеятельностью животных и растений.

Уже в течение тысячелетия человечество использует энергию солнца в качестве альтернативного источника энергии, постоянно совершенствуя технологии по использованию данного вида энергии. Солнце – возобновляемый источник способный на естественное восстановление. Ее преимущества: экологическая чистота, безграничный потенциал, высокая безопасность и эффективность в использовании.

«Доказано, что 1 м^2 «огненного диска» выделяет почти 63 кВт энергии, что в эквиваленте соответствует мощности миллиона электрических лампочек. В целом Солнце обеспечивает Землю 80 000 млрд. кВт, а это в несколько раз превышает мощность всех существующих на планете электростанций. Вот почему применение солнечной энергии на практике является одной из главных задач для современного общества» [1].

Но даже современные ученые еще не способны напрямую потреблять солнечную энергию. Это в итоге послужило толчком к разработке специальных приборов, которые могут обеспечивать преобразование энергии солнца в электрический или тепловой вид энергии. Для первого случая используются специальные батареи – солнечные панели, для второго –

коллекторы для распределения солнечного тепла.

В основе термовоздушной энергетике лежит метод преобразования солнечной энергии для создания воздушных потоков прямо в турбогенератор, при котором можно создавать требуемые объемы пара для работоспособности системы без присутствия света солнца.

При методе фотовольтаики применяются специальные панели на фотоэлектрической базе – солнечные батареи, например, на основе кремния, которые можно располагать как угодно, с условием максимального поступления солнечных лучей. При преобразовании данного типа энергии возможно использование не только фотопластин, но и панелей на тонких пленках, преимуществами которых является их небольшая толщина, а недостатком – низкая эффективность преобразования солнечной энергии.

При гелиотремальном методе поглощенный свет фокусируется в одном месте, создавая тепло для нагрева.

Преобразовывать солнечную энергию можно при помощи пассивных и активных систем. Пассивными являются системы, у которых не используются никакие сложные преобразования солнечной энергии, например, специальная емкость из металла, полностью окрашенная в черный цвет и наполненная водой. При попадании на нее солнечных лучей происходит быстрое нагревание поверхности металла, вследствие чего жидкость внутри емкости также получает нагрев от металлической поверхности. Кроме этого примитивного метода преобразования солнечной энергии также имеются более совершенные пассивные системы, которые используются при проектировании различных сооружений, учета климатических условий, а также при решении иных поставленных задач.

Применение пассивной системы – обогрев и освещение, активной — устройства, в которых для превращения солнечной энергии применяются специальные коллекторы. Особенностью коллекторов энергии является поглощение солнечных лучей с последующим преобразованием их в

тепловую энергию, которую при помощи специальных теплоносителей доставляют до потребителя на обеспечение обогрева внутренних помещений сооружений или воды в них. В нынешнее время применение различных солнечных коллекторов нашло себя во многих сферах деятельности, например, в сельском хозяйстве, а также в тех отраслях, где необходимо тепло и отсутствуют традиционные источники тепловой энергии.

В качестве основы коллектора солнечной энергии используется специальная теплоизолированная пластина, изготовленная с использованием материалов, хорошо проводящих тепло, а также покрытая сверху достаточно темной краской. При прохождении солнечных лучей через промежуточный элемент происходит нагрев пластины, полученное тепло с которой поступает для последующего использования для нагрева здания. Направлять тепловой поток в системе можно, если использовать вентилятор или естественные потоки ветра. Минусом данного решения является то, что требуются затраты на использование вентиляторов. Кроме этого, коллекторы солнечной энергии могут обеспечивать теплом здание лишь при поступлении на него солнечного света, так что заменить основные источники обогрева не удастся. Чтобы повысить КПД коллектора, его следует располагать в местах расположения главного источника тепла или вентиляции.

Наибольший спрос обеспечивается при помощи солнечных батарей, преобразующих солнечную энергию в электрическую энергию, которые основаны на фотоэлектрических преобразователях энергии от солнца. Главными преимуществами солнечных преобразователей являются простая конструкция, удобный монтаж, обслуживание панелей не требует больших усилий, а также повышенный ресурс использования. Для установки солнечных панелей не требуется много дополнительного места, главное – доступ к солнечному свету и отсутствие затенения. Ресурс панелей доходит до десятилетий, благодаря чему они очень популярны.

Однако у преобразующих солнечную энергию панелей существуют

некоторые недостатки:

- Высокая чувствительность к загрязнениям поверхности панели. Для снижения влияния загрязнений панели следует устанавливать под углом в 45 градусов для того, чтобы снежные или дождевые осадки очищали их.
- Недопустимость излишнего нагрева панели. При достижении температуры поверхности батареи в 120 – 125 градусов Цельсия, скорее всего, произойдет вынужденное прекращение работы солнечной панели из-за превышения максимально допустимых пределов рабочих температур. В этом случае необходимо наличие специальной системы для последующего охлаждения батарей.
- Высокая стоимость. Затраты на приобретение и установку солнечных преобразователей относительно традиционных источников энергии достаточно велики, но при достаточно длительном сроке службы и благоприятных погодных условия возможно почти полное возмещение данных затрат.

1.2 Виды солнечных батарей

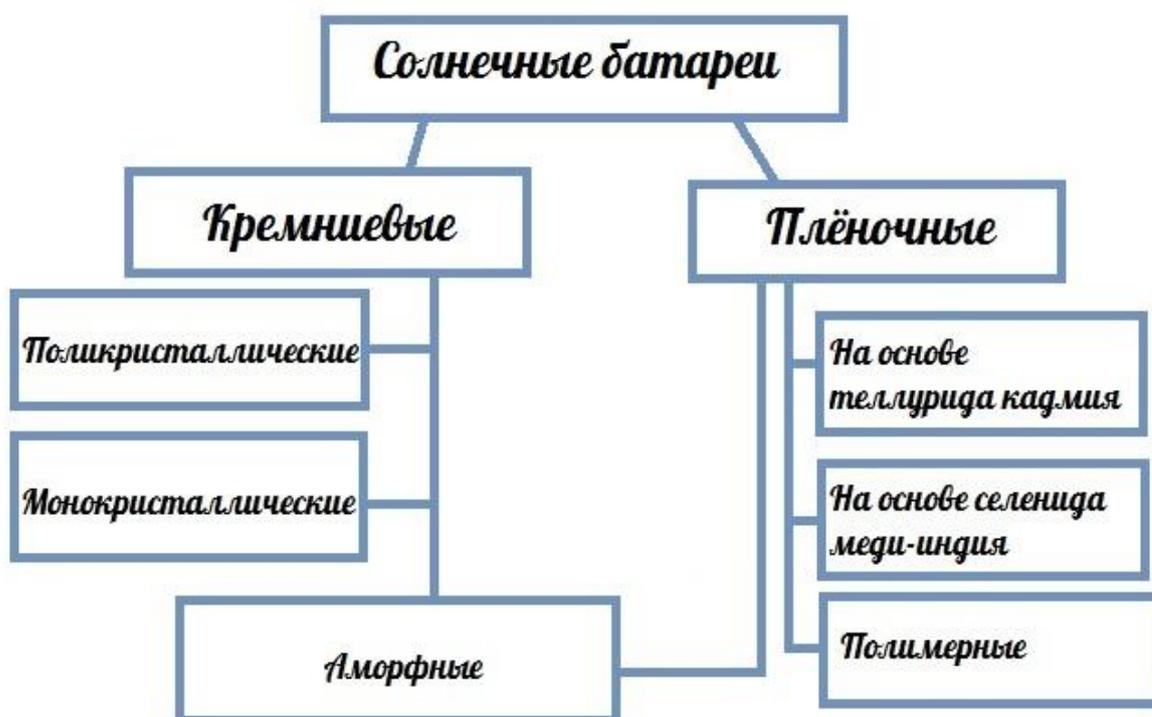


Рисунок 1 – Различные виды солнечных батарей

Разберем основные типы существующих на данный момент преобразователей солнечной энергии в электроэнергию

Первым видом солнечных преобразователей являются солнечные батареи на основе кремния. Данный тип преобразователей отличается материалом, из которого их и производят, представлен он кремнием. На сегодняшний день они являются одними из самых популярных солнечных панелей при создании домашних солнечных электростанций. Их популярность связана с достаточно большой доступностью кремния, как материала для производства панелей, так и его небольшой ценой, а также высокими параметрами эффективности в сравнении с другими видами солнечных преобразователей энергии. Производят их не только из кремния, но и в том числе из моно, поликристаллов, а также аморфного кремния.

Одним из типов кремниевых солнечных преобразователей является монокристаллическая солнечная батарея. При производстве данного вида

солнечных панелей используется наиболее очищенный, а также самый чистый кремний. Монокристаллические солнечные панели выглядят как силиконовые соты или ячейки, объединенные в одну совместную структуру. После процесса затвердевания очищенных монокристаллов кремния их разделяют на сверхтонкие пластины, толщина которых может не превышать 300 мкм. Затем полученные пластинки соединяются при помощи тонкой сетки, состоящей из электродов. По сравнению с другими типами солнечных преобразователей, их стоимость выше из-за сложности технологических процессов при их производстве. При этом данный тип панелей стоит учитывать, потому что они имеют достаточно большой коэффициент полезного действия (КПД), находящийся в пределах 20%.

Панели на монокристаллической и поликристаллической структуре одни из самых дорогих по стоимости среди остальных, при этом обладая большой мощностью. Панели на тонких пленках дешевле, но больше по габаритам, для них необходимо большое свободное пространство в домашних условиях.

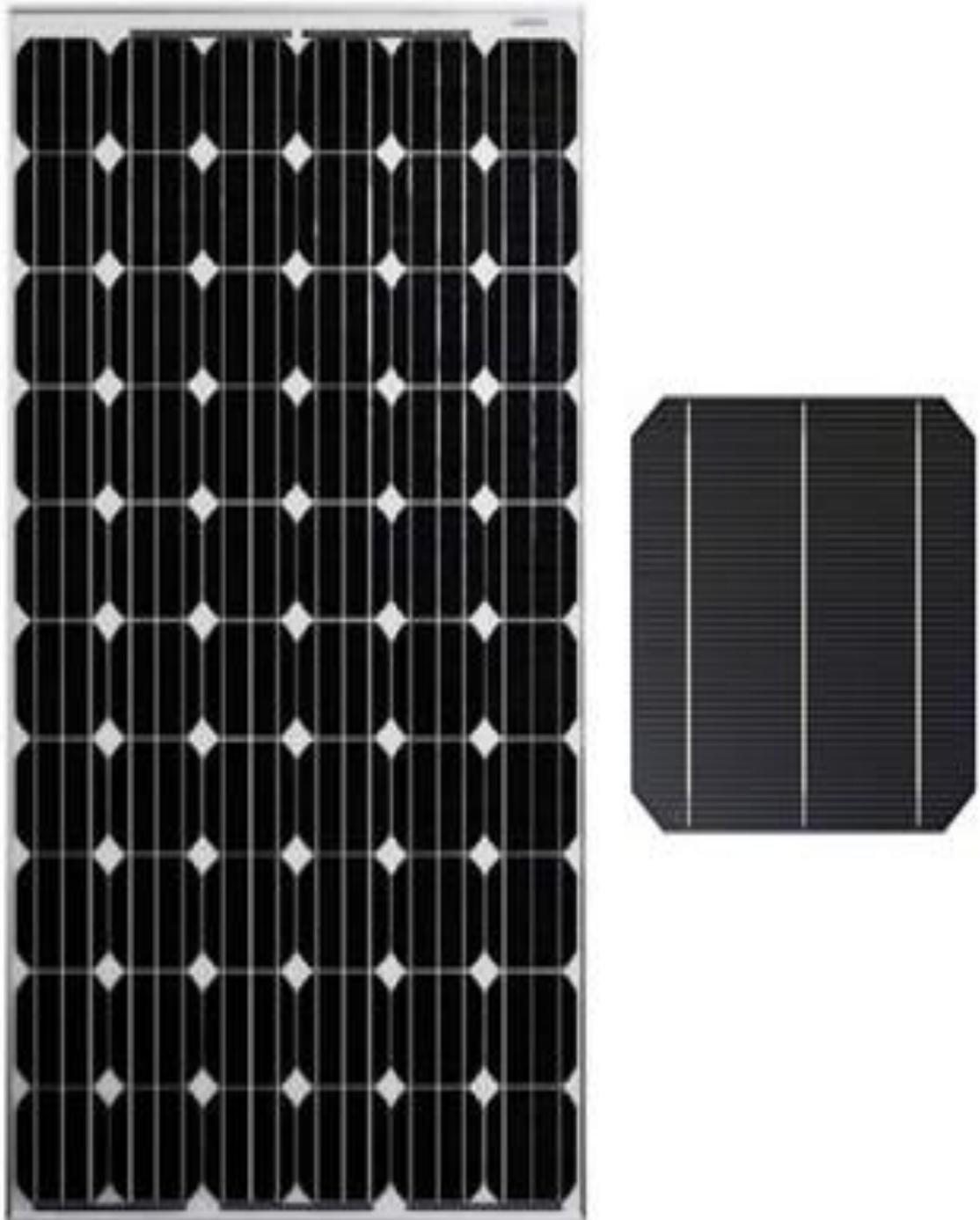


Рисунок 2 – Монокристаллическая панель

Преимуществами монокристаллической солнечной батареи являются:

- Высокая эффективность благодаря высокой структурированности используемого материала. Производительность данных солнечных панелей находится в промежутке от 17 до 22%.

- Небольшие размеры конструкции для обеспечения необходимого значения энергии в сравнении с аналогичными преобразователями солнечной энергии при тех же остальных характеристиках. К примеру, чтобы получить количество электроэнергии в 10 Вт, необходима панель из монокристаллического кремния намного меньшего размера по сравнению с остальными панелями.
- Наибольшая долговечность среди остальных видов солнечных преобразователей. При грамотном и должном использовании монокристаллические солнечные батареи после их покупки и установки могут прослужить вплоть до 25 лет.

Среди недостатков данных монокристаллических солнечных преобразователей можно выделить следующие параметры:

- Высокая стоимость батарей. Если стоимость солнечных панелей является основной определяющей при создании домашней электростанции, а не параметры срока службы и эффективности преобразования энергии, тогда целесообразнее остановиться на иных видах батарей, например, поликристаллических.
- Небольшие загрязнения поверхности панелей или постоянная затененность, при которой происходит закрытие части конструкции, являются причинами, при которых происходит частичная потеря производительности солнечных батарей. Чтобы устранить влияние представленного недостатка, требуется использование специальных микроинверторов, необходимых для уравнивания характеристик работы всей цепи преобразования солнечной энергии, вследствие неравномерной и непостоянной освещенности.

Рассмотрим следующий тип солнечных преобразователей – поликристаллическую солнечную панель.

Для создания поликристаллов кремниевую субстанцию медленно охлаждают. При их создании не требуются никакие сложные

технологические процессы, как при выращивании монокристалла. Для получения данных панелей расплавляют специальное кремниевое сырье и заливают его в формы для последующей выплавки изделий, после чего их нарезают на квадратные пластины. Таким образом, происходит процесс создания поликристаллической солнечной панели. При этом методе производство батарей намного дешевле монокристаллических. Также их изготовление требует меньшее количество энергии, ещё сильнее влияя на конечную стоимость устройства. Однако, КПД данных солнечных преобразователей ниже — около 15 – 18%. Это снижение КПД происходит потому, что образования внутри поликристаллов уменьшают общую эффективность преобразования.

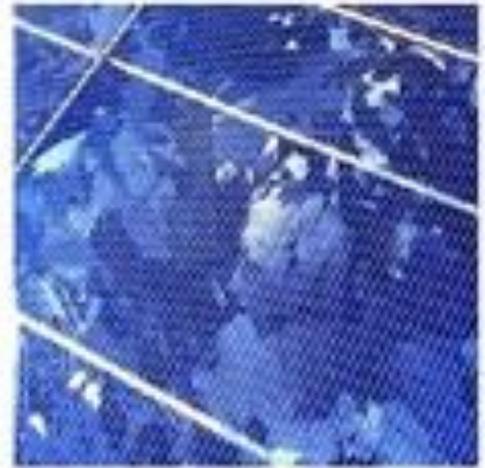


Рисунок 3 – Поликристаллическая панель

Основные преимущества поликристаллических панелей:

- Низкие затраты на изготовление батарей. В частности, происходит снижение количества производимых отходов, благодаря чему дополнительно уменьшается стоимость процессов их переработки и утилизации.
- Низкий процент брака при изготовлении из-за использования достаточно простых методов при изготовлении солнечных панелей.

Но при этом поликристаллические преобразователи солнечной энергии обладают следующими минусами:

- Меньшая устойчивость к воздействию на панели высокими температурами, в отличие от аналогов из монокристаллического кремния. Воздействие слишком больших температур негативно влияет на производительность конструкции и на ее долговечность.
- КПД таких батарей достигает только 14 - 18%, что примерно на 5% ниже показателей батарей из монокристаллов.
- Меньшая эффективность при использовании пространства для установки поликристаллических солнечных преобразователей. Для достижения сопоставимых параметров производимой энергии в сравнении с другими типами солнечных батарей необходима большая площадь поверхности панелей.
- Наличие неоднородностей на внешнем виде конструкции. Если применять специальное просветляющее покрытие, то можно почти полностью устранить влияние на эффективность панели данным недостатком.

Рассмотрим преобразователи солнечной энергии – панели на технологии тонких пленок.

Для изготовления тонкопленочных панелей используется вакуумное напыление фотоэлектрического материала в виде тонкой пленки на специальную основу – подложку, материалы которой и вид напыления меняются при изменении требуемых параметров. Основными материалами, используемыми при напылении тонких пленок, являются: аморфный кремний (a-Si), теллурид кадмия (CdTe), медь, индий, галлий, соединения селена — селениды (CIS/CIGS), а также различные органические элементы (OPC).

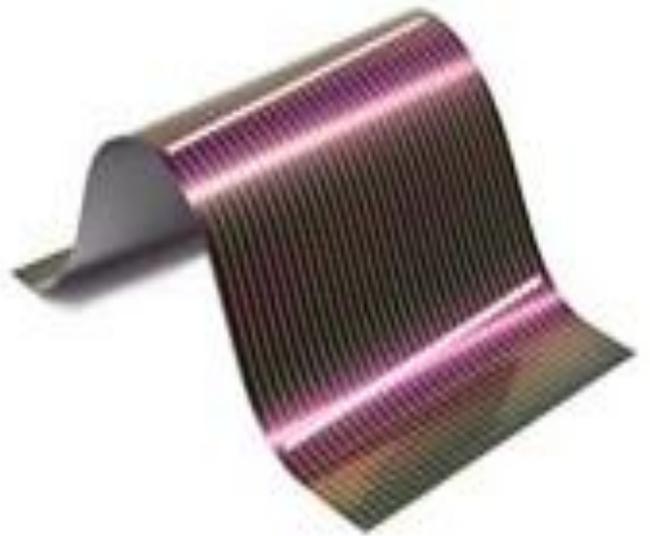


Рисунок 4 – Тонкопленочная панель

КПД тонкопленочных солнечных батарей зависит от качества и чистоты технологического процесса и составляет от 7 до 13%. При развитии технологии и внедрении инновация прогнозируемый рост КПД составит 3%.

Существуют тонкоплёночные батареи на основе теллурида кадмия. Кадмий является материалом, преимуществом которого является большой процент поглощения света. В настоящий момент, его активно используют как в космической промышленности, так и в качестве материала при изготовлении солнечных преобразователей для установок домашнего использования.

Основным недостатком кадмия считается его ядовитость. Однако во многих исследованиях говорится о небольшом количестве испаряемого материала в атмосферу для причинения серьезного вреда человеческому здоровью. Также, несмотря на то, что КПД таких панелей находится в районе около 10%, ее стоимость с сопоставимой по эффективности другой солнечной батареей ниже аналогов.

Также существуют тонкоплёночные преобразователи на основе селенида меди-индия. При их промышленном изготовлении используются медь, индий, селен в качестве полупроводника. Но из-за большой важности индия при изготовлении жидкокристаллических мониторов в основном используется галлий, способный заменить индий по своим функциям. КПД данного солнечного преобразователя намного больше, чем у теллурида кадмия — в пределах 20%.

Основные преимущества тонкоплёночных панелей:

- Низкая себестоимость производства, следовательно из этого, более низкая цена на панели в целом.
- Эстетичный внешний вид конструкции, обусловленный высокой однородностью.
- Возможность изготовления гибких конструкций
- Низкие потери производительности из-за нагрева или непрямого освещения.

При этом у преобразователей на тонкоплёночной структуре имеется целый ряд недостатков:

- Необходимость в достаточно большой площади для монтажа конструкции панелей, чтобы можно было обеспечить необходимые преобразования требуемого количества энергии солнца.
- При установке большого количества солнечных панелей на тонких пленках требуется дополнительная крепежная фурнитура и повышенные затраты на их установку.
- Срок службы данных панелей ниже, чем у кристаллических аналогов.

Рассмотрим следующий тип преобразователя солнечной энергии – полимерную солнечную батарею. Данный тип преобразователей не так давно был изобретён, и его начали производить и использовать. В качестве проводников выступают соединения полифенилена, фуриллена, фталоцианина меди. При этом толщина получившегося элемента очень небольшая — порядка 100 нм. Несмотря на низкий уровень КПД, не превышающий уровень в 5 – 10%, всё же возможно выделить причины, почему можно присмотреться и выбрать данный тип солнечных преобразователей, например, из их достоинств можно выделить: доступные и недорогие материалы для изготовления панелей, нет вредных испарений, попадающих в окружающую атмосферу. Так что такие батареи отлично подходят потребителям благодаря отличной эластичности и экологичности.



Рисунок 5 – Полимерная солнечная панель

Наиболее эффективные образцы полимерных солнечных элементов созданы при использовании донорно–акцепторной системы. В этом случае оптимально сочетаются различные полупроводниковые материалы, которые при облучении их светом показывают чрезвычайно быстрый трансферт (менее одной пикосекунды) носителя от донора к акцептору (например, тонкие пленки сопряженных полимеров и фуллеренов).

Данные пары донор-акцептор различаются друг от друга смещенными позициями электрохимических потенциалов: высшей занятой и низшей незанятой орбиталями. «Эти орбитали в некотором роде сопоставимы с зонной схемой неорганических полупроводников» [5].



Рисунок 6 – Структура полимерного солнечного элемента

Когда происходит поглощение фотона с энергией на преодоление барьера от высшей к низшей орбитали, тогда появляется экситоны (электростатически связанная пара положительного и отрицательного зарядов), которые разделяются в граничной донорно-акцепторной зоне. Затем

заряд переносится в два полупроводника. Носители сталкиваются с множеством молекулярных барьеров, находящихся внутри полупроводника, что в итоге приводит к их рекомбинации.

У полимерного солнечного преобразователя есть поглощающий слой с очень низким собственным сопротивлением, который состоит из смеси органических полупроводников донорного и акцепторного типов в равном количестве. Его наносят на электрод, вследствие чего появляется возможность пропускания почти всего падающего светового потока, что дает максимальное действие фотонов в активном слое.

Важнейший показатель полимерного элемента – определение предпочтений носителя заряда в обмене его с полупроводником (отрицательным или положительным). Затем на противоположной стороне поглощающего слоя происходит напыление металлического электрода, на который поступают носители заряда с прозрачного электрода.

Также свет, который отражается от поверхности металлического электрода, способен увеличить выходную мощность, благодаря повторному прохождению фотонов через поглощающий слой, где возможно появление ранее не активированных носителей заряда.

Для получения высокой эффективности преобразования солнечной энергии, носители заряда должны быть очень подвижны в поглощающем слое полимерного полупроводника для их высокоскоростного последующего разделения после поглощения. В данный момент подвижность носителей заряда полимерных полупроводников достаточно низкая.

Потенциальными достоинствами полимерных преобразователей солнечной энергии по сравнению с обычными панелями на основе кремния являются:

- Низкие затраты на производство данных панелей благодаря более дешевым технологиям производства и более низкой стоимости материала.

- Гибкость, прозрачность, простота использования.
- Энергосберегающее производство.

Основными недостатками полимерных солнечных батарей являются:

- Небольшая энергоэффективность (на настоящий момент только в некоторых лабораториях была достигнута эффективность 12%).
- Из-за малой энергоэффективности возникает потребность в больших площадях, для того чтобы можно было достигать требуемые показатели мощности.
- Малый срок службы панелей из-за разложения органических соединений на солнечном свете.

Для повышения эффективности при использовании площади солнечных преобразователей энергии можно применять специальные концентрационные модули, достигая почти двукратной экономии по площади панелей. Линзы концентрируют солнечный свет на меньшую площадь поверхности преобразователей, благодаря чему возможно снижение габаритов солнечных батарей без потерь количества вырабатываемой ими электроэнергии.

Концентрационные модули позволяют снизить размеры солнечных преобразователей и повысить их производительность. К сожалению, для данного вида конструкции необходима система автоматического слежения и поворота линз для эффективного использования энергии солнца.



Рисунок 7 – Концентраторы солнечных лучей, находящиеся над солнечными элементами

Концентраторы солнечных лучей можно использовать в двух различных направлениях. Первое – использование специальных линз, которые необходимо размещать над фотоэлементами. За счёт размещения на солнечной батарее этих специальных линз в восемь раз повышается концентрация светового потока. Таким образом, появляется возможность уменьшить количество фотоэлементов арсенида галлия, которые составляют основную часть стоимости солнечных батарей. А второе – использование

солнечного света для работы солнечных печей.

«В направлении создания концентраторов солнечных лучей для получения электрической энергии трудились российские ученые (Петербург) и немецкие. Последним удалось при помощи такой технологии увеличить КПД солнечных панелей до 40%, а в полевых испытаниях эффективность установки достигла 28,5%» [7].

1.3 Основные типы ветрогенераторов

На данный момент преимущественно используют 2 типа ветрогенераторов.

Первым из них являются карусельные ветрогенераторы, их оси вращения находятся в вертикальном положении.

Их достоинства в сравнении с горизонтальными генераторами (классическими):

- Выработка электрической энергии даже при наличии лишь небольшого по силе ветра.
- Отсутствие сложных активных систем, позволяющих направлять ветрогенератор в сторону направления потока ветра, вследствие чего они могут использоваться в местностях с турбулентными воздушными потоками.
- Наличие промышленных моделей, не нуждающихся в высокой мачте, у которых сама ось для лопастей является мачтой. Поэтому они удобны для обслуживания и установки.
- Низкий уровень создаваемых установкой шумов (до 30 дБ).



Рисунок 8 – Ротор Савониуса, на вращение которого не влияет ветер, вследствие чего получает только треть энергии ветра

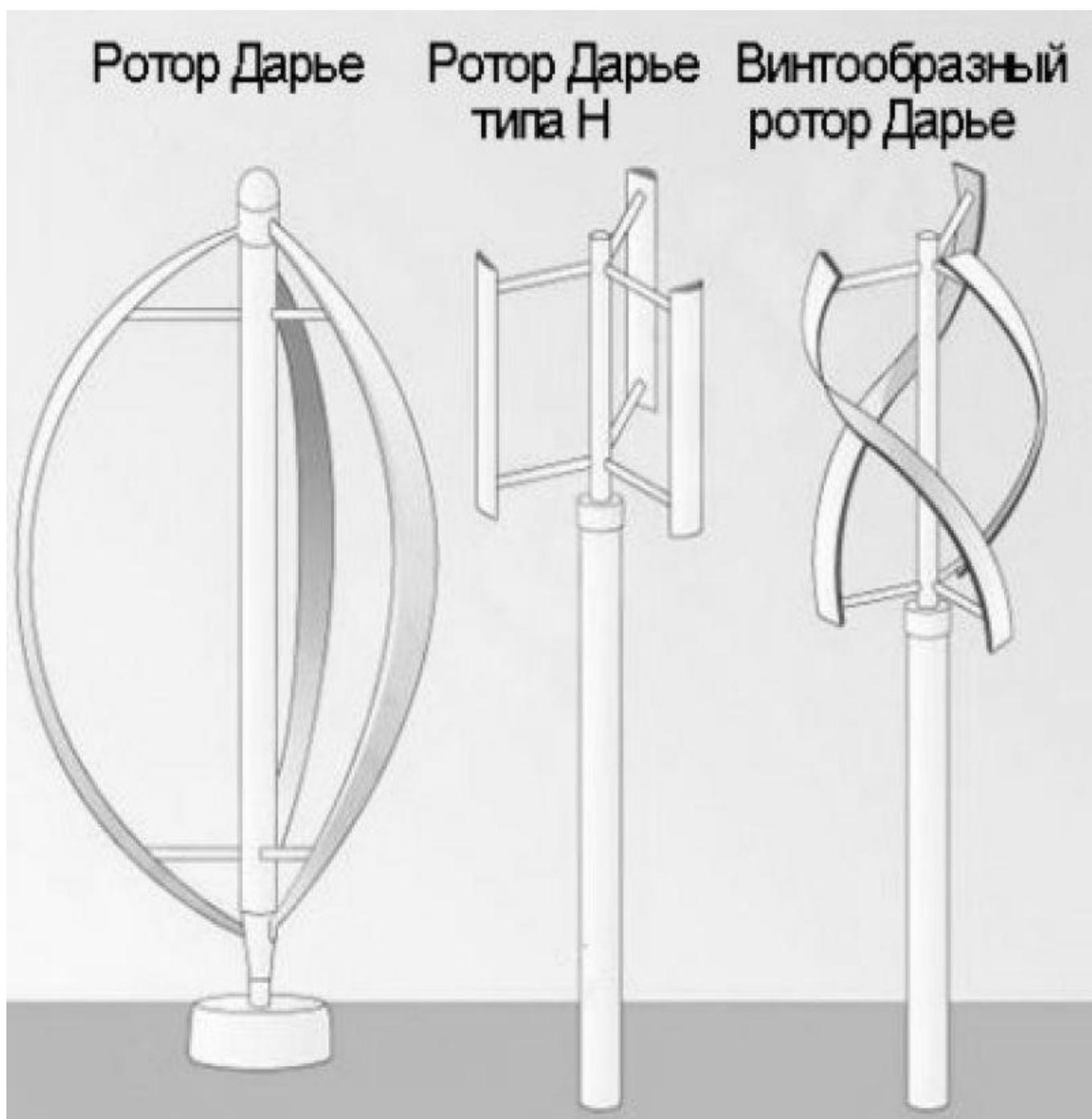


Рисунок 9 – Ротор Дарье

Ветрогенераторы на основе ротора Дарье являются одними из самых распространенных типов. Их вращение происходит из-за разницы аэродинамического сопротивления, вследствие чего происходит постоянная циркуляция циркуляцию воздушных потоков.

Преимущества ротора Дарье: отсутствие влияние направления ветра на

работу ветрогенератора, вследствие чего не нужны ориентирующие устройства, а также уменьшается стоимость ветряка. Еще у данного вида преобразователя значение КПД достаточно большое, а также быстроходность даже при незначительных скоростях ветра.

Недостатки: большие нагрузки на мачту генератора, быстрый износ движущихся деталей, большое количество производимого ротором Дарье шума из-за вибраций лопастей, также часто требуется изначальный разгон лопастей для нормальной работы генераторов.

Более совершенным, с устранением некоторых недостатков обычного ротора Дарье, является ротор Н-образного типа. У него повышенная надежность конструкции, а также полное отсутствие шумов.



Рисунок 10 – Геликоидный ротор (равномерно вращающиеся лопасти, длительный период эксплуатации, высокая цена, сложный монтаж, необходимая скорость ветра 0,7 м/с)

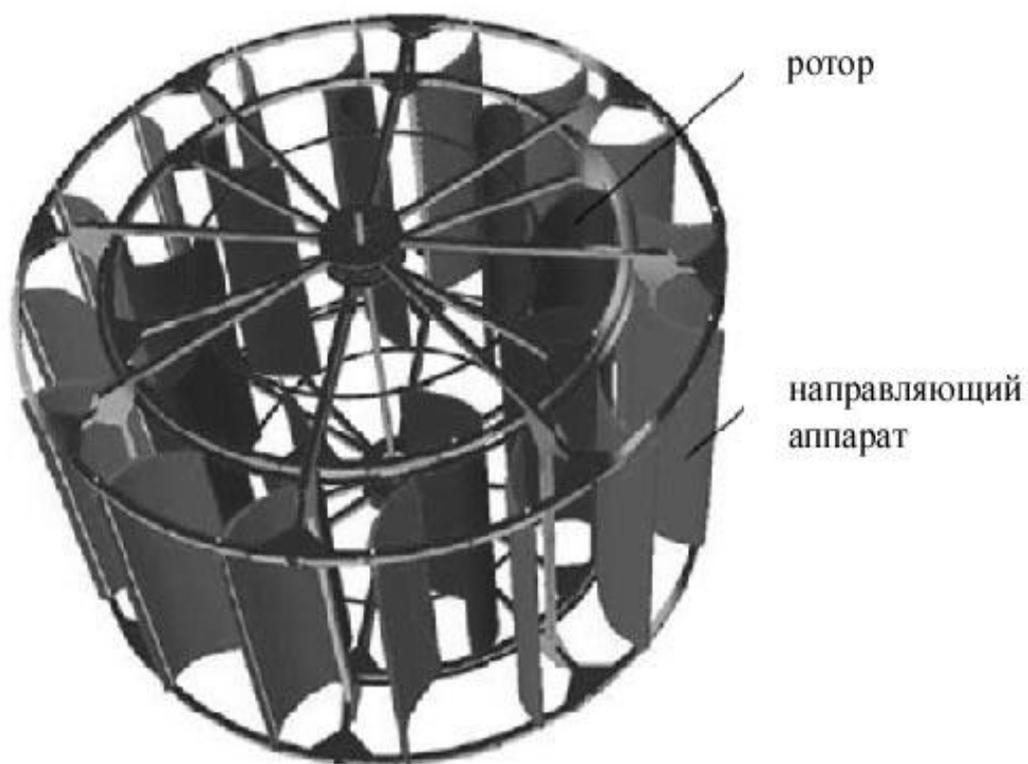


Рисунок 11 – Многолопастный ротор (очень высокое значение КПД, наименьшая нагрузка на детали, высокая цена из-за большого числа компонентов генератора)

Вторым типом ветрогенераторов являются ветряки горизонтального типа (крыльчатые). Они очень популярны в промышленной выработке электроэнергии.

Основные достоинства горизонтальных генераторов:

- Большая скорость вращения, это позволяет соединяться с генератором, что увеличивает КПД.
- Простой метод создания ветряка.
- Большое разнообразие моделей.

Главные минусы:

- Высокий уровень шумового и ультразвукового загрязнения. Это может быть опасно для здоровья людей. Поэтому генерирующие промышленные мощности располагают в местах, где нет жилых построек.
- Необходимость в применении стабилизаторов и устройств, необходимых для наведения ветряка на потоки ветра.
- Скорость вращения находится в обратной пропорции к количеству лопастей, поэтому в промышленных моделях редко используют более трёх лопастей.

Последний недостаток пытаются устранить уже достаточно длительный промежуток времени. Существует несколько малых моделей ветрогенераторов с достаточно большим значением КПД благодаря оригинальному строению лопастей преобразователя. Данные ветряки способны при ветре со скоростью в 2 метра в секунду, выдавая при этом около 30 Вт энергии. Несмотря на это, потери на трение и другие их виды в сумме составляют около 40% от общего числа выработанной энергии, из-за этого на оставшиеся 18 Вт энергии можно обеспечить только лишь питание энергосберегающей или светодиодной лампочки.



Рисунок 12 – Стандартный горизонтальный тип ветряка

Парусные ветряки, они же ветряные мельницы, являются одними из самых древних видов источников энергии ветра, используемых человечеством. Такой вид генератора является самым простым по конструкции, но также и очень неэффективным в отношении своего КПД.

«Для получения требуемой для потребителя энергии лопасти парусных генераторов должны быть не менее 6 метров в диаметре. Зато для запуска

ветряка достаточно ветра со скоростью 1-2 м/с, что хорошо в зоне со слабыми ветрами. Но при этом ветер со скоростью 12 м/с способен значительно повредить конструкцию данного ветрогенератора, также он может полностью сломать его» [12].



Рисунок 13 – Парусный ветряк

1.4 Системы резервного питания

Основная задача, которую возлагают на автономную систему электрического питания, это обеспечение бесперебойной работы всего оборудования, находящегося в доме с данной системой. Когда происходит сбой или экстренное отключение подачи электроэнергии от стационарной электросети, тогда система с резервным электроснабжением обеспечивает потребности находящихся в доме электроприборов до тех пор, пока не произойдет восстановление основного источника питания. В автономных

системах питания могут использоваться различные виды источников питания, которые способны на обеспечение независимого электроснабжения от основной сети. Основным назначением у современных источников резервного питания является осуществление постоянного доступа к электричеству даже при проблемах с основным источником электроэнергии.

Резервные источники бесперебойного питания выполняют следующие функции:

- контроль электросети;
- фильтрацию скачков напряжения;
- зарядку аккумуляторов.

Когда значения питающей системы имеют критические параметры или электроэнергия совсем отсутствует, автоматика подключает инвертор, который берет ток от аккумуляторной батареи.

Инвертором служит для преобразования постоянного в переменный ток. Основным источником постоянного тока с заданным напряжением в 12 вольт является как аккумуляторная (АКБ), так и солнечная батарея.

Примером недорогого инвертора является инвертор, преобразовывающий постоянное напряжение из батареи со значением в 12В в переменное напряжение величиной 220В. У данных типов инверторов выходной сигнал недостаточно хорош для техники, у которой присутствуют преобразователи питания, которые от такого напряжения сильно нагреваются, из-за чего сокращается срок их службы. У хороших инверторов на выходе имеется «чистый синус», качество которого регламентируется по ГОСТу, как правило, выходное напряжение с таких инверторов по качеству иногда превосходит сигналы с городской линии.

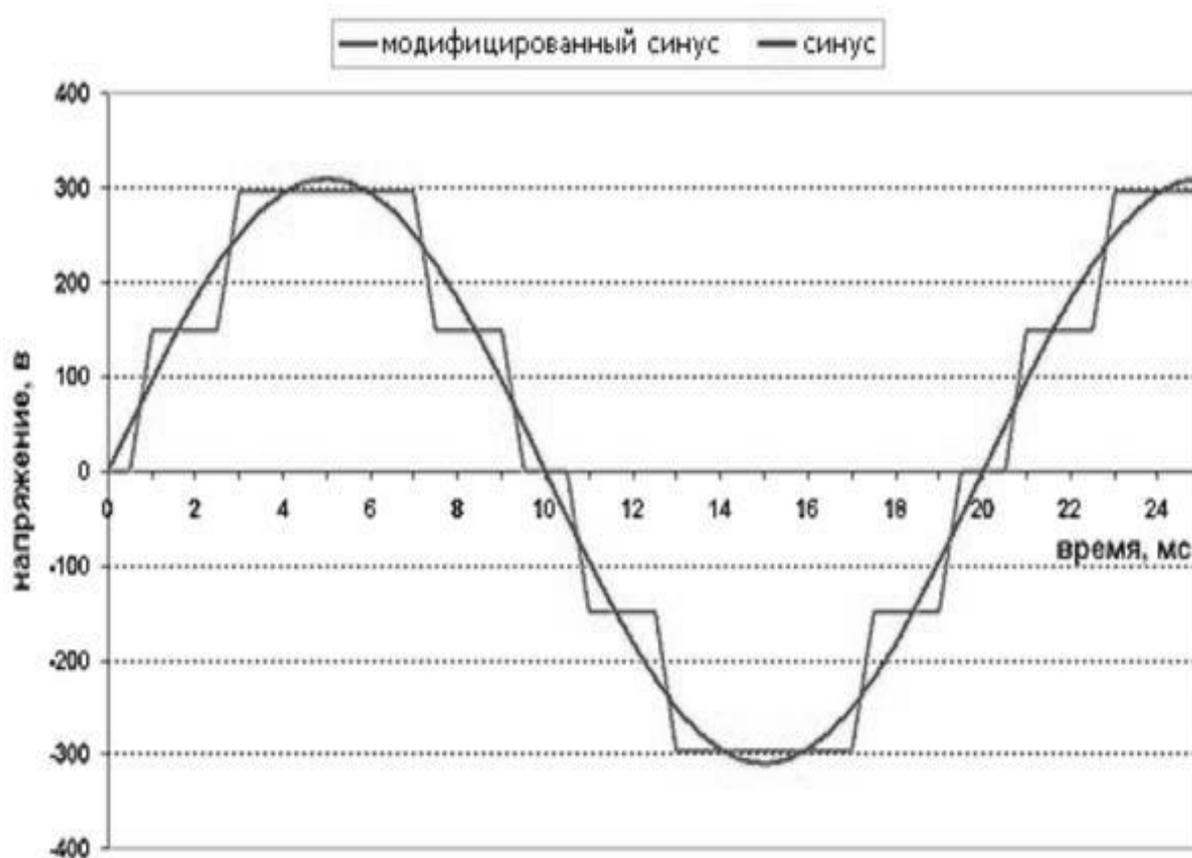


Рисунок 14 – График напряжения идеального и недорогого инверторов

Для преобразования энергии в инверторе применяются аккумуляторные батареи, разряжающиеся с течением времени. Их заряжают при помощи зарядного устройства, подключенного к генератору или городской сети. Более современным решением является заряд АКБ от источников альтернативной энергии. Инвертор является источником резервного питания, впоследствии от которого при обрыве основной сети запитывает приборы домашней бытовой техники, например холодильник, телевизор, систему освещения.

Современное резервное бесперебойное электроснабжение частного дома возможно при помощи солнечных батарей. Система батарей является экологичным способом получения электрической энергии для питания сети. Элементы солнечной батареи состоят из фотоэлектрических модулей, которые покрывают стеклом. Данное стекло имеет определённую текстуру и

позволяет поглощать много солнечного света.

Ветрогенератор можно применять в качестве источника получения электроэнергии только на территории, где есть ветер. Сейчас данный источник энергии редко используется в качестве резервного электроснабжения загородного дома по причине неблагоприятных для работы условий. Газогенераторные электростанции для снабжения электроэнергией Газогенераторные электростанции могут работать на природном и сжиженном газе. Они подключаются к газовой системе. Стоимость работы данных источников электропитания обычно значительно ниже, чем у других генераторов. Газогенераторные электростанции имеют:

- синхронный, асинхронный аккумулятор;
- встроенную систему автоматического управления;

Чаще всего электростанции предназначены для бесперебойной длительной работы в авторежиме с возможностью контроля дистанционно. Вредных выбросов от данных приборов меньше.

Автономной называется такая система, при которой отсутствует питание от городской сети, электроэнергия берется от альтернативных источников: солнечных батарей, ветрогенераторов, гидрогенераторов. Режим работы такой системы проводится по циклу от питания нагрузок до заряда от источников энергии. На повторение данного цикла влияют емкость АКБ, а также потребляемая нагрузками мощность. Схемы автономных систем резервного и бесперебойного питания жилого помещения на основе альтернативных источников энергии представлены на рисунках 15 – 16.

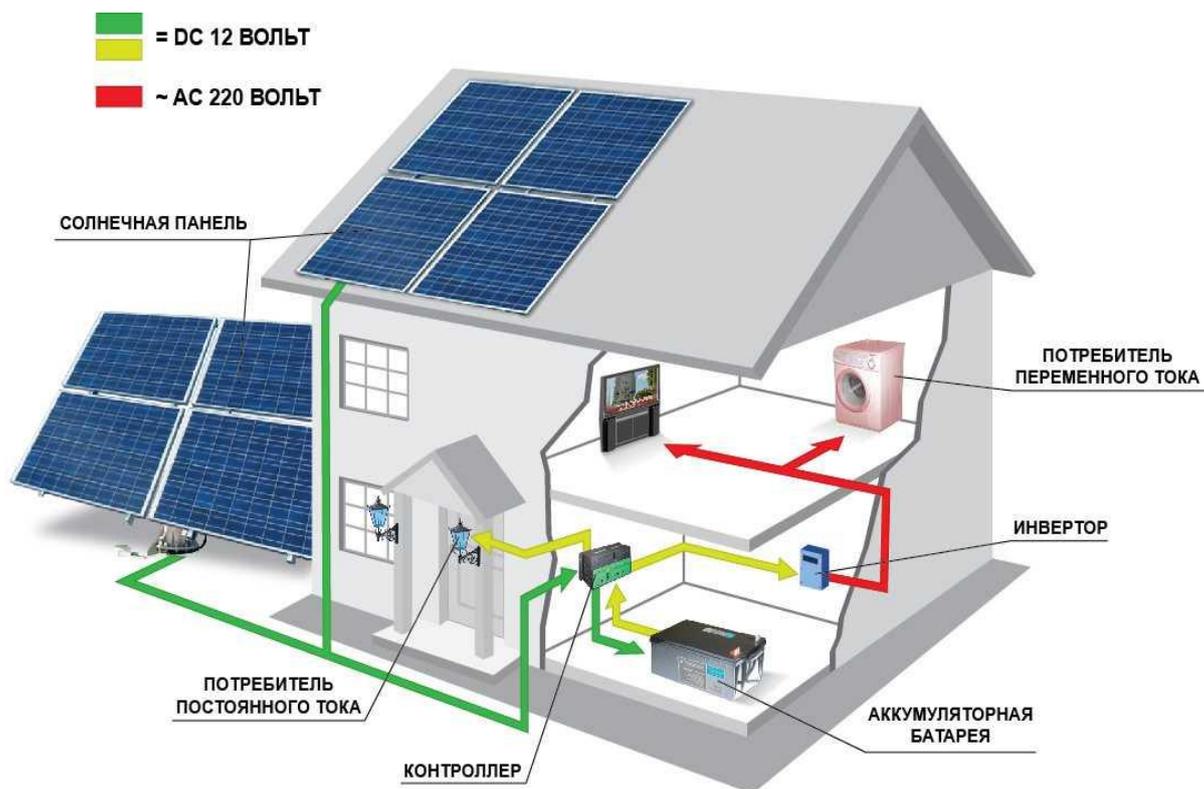


Рисунок 15 – Система бесперебойного питания на солнечной энергии

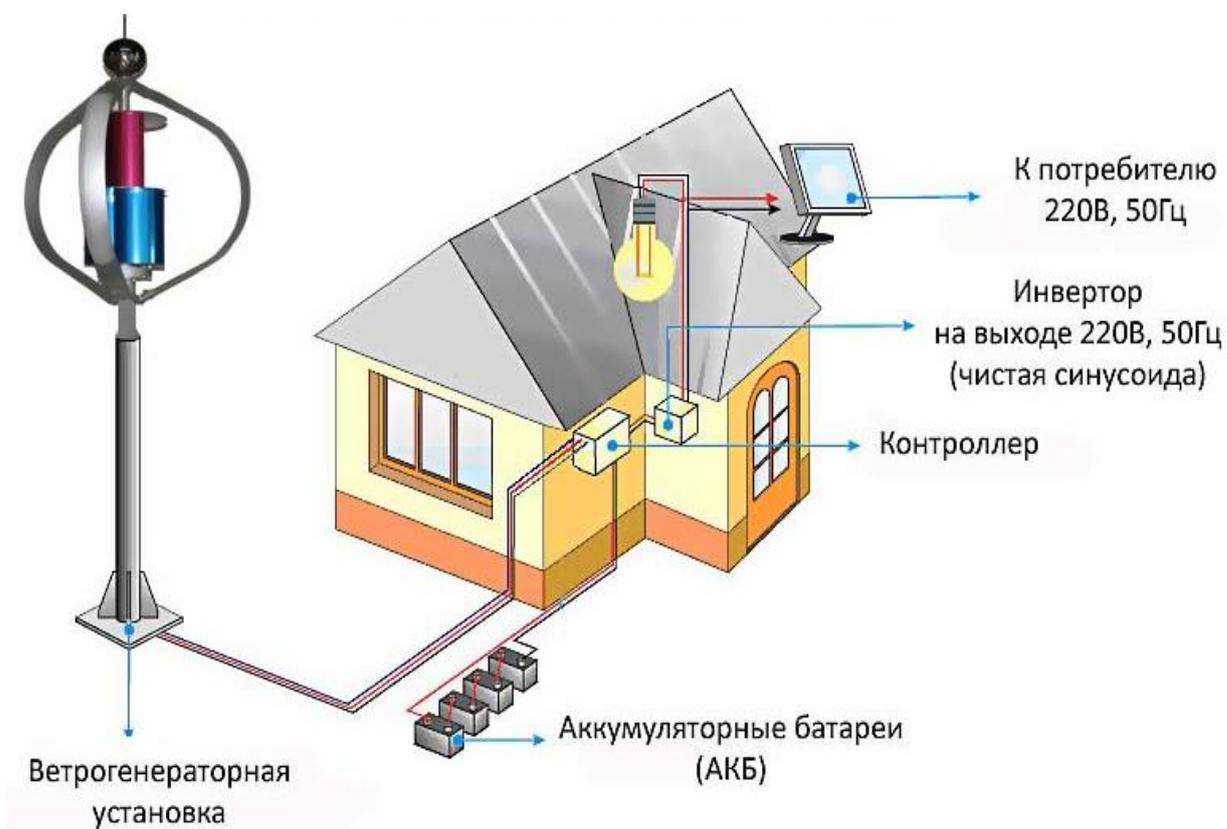


Рисунок 16 – Система бесперебойного питания на энергии ветра

Во многих случаях инверторная система может заменить генератор. По сравнению с системой резервного питания «просто генератор» система «инвертор + аккумуляторы» имеет такие преимущества:

- инвертор переключает мгновенно. А генератор с автозапуском запускается секунд 20 или больше;
- инвертор сам переключает линии питания, а генератору нужен щит АВР (автоввода резерва);
- инвертор бесшумный, а генератор – нет;
- инвертор и аккумуляторы можно поставить в доме, они ничего не выделяют в воздух;
- генератору нужно отдельное помещение или навес;
- генератор требует бензин и масло;
- срок службы генератора меньше срока службы инвертора и гелевых аккумуляторов.

1.5 Системы «умного дома» с альтернативными источниками

Ниже будет представлена интеллектуальная система управления энергопотреблением, включающая в себя возобновляемые источники энергии, на базе ZigBee и программируемых логических контроллерах (ПЛК).

По мере того как энергия, используемая в доме, увеличивается, а системы возобновляемой энергии развертываются, домашняя система управления энергией (ДСУЭ) требует как энергопотребления, так и генерации одновременно для снижения стоимости энергии. Модули измерения энергии на основе ZigBee используются для отслеживания потребления энергии бытовой техникой и источниками освещения. Межсетевой шлюз возобновляемых источников энергии, основанный на

ПЛК, используется для мониторинга производства энергии возобновляемых источников энергии. Домашний сервер собирает данные о потреблении и генерации энергии, анализирует их для оценки энергии и контролирует использование энергии дома для снижения стоимости энергии. Удаленный сервер управления энергией объединяет данные об энергии с многочисленных домашних серверов, сравнивает их и создает полезную статистическую аналитическую информацию. Рассматривая как потребление энергии, так и ее генерацию, предполагается, что архитектура ДСУЭ оптимизирует использование энергии в домашних условиях и приведет к экономии затрат на внутридомовую энергию.

Как потребление энергии, так и генерация должны одновременно учитываться, чтобы сэкономить стоимость энергии на дому. Несколько исследований предложили ДСУЭ. Была изучена оптимизация потребления энергии на дому по линии электропередачи с помощью ПЛК, чтобы обеспечить легкий доступ к домашнему энергопотреблению. Тут используется модуль управления устройством для работы с сетевыми бытовыми приборами, он не учитывает потребление энергии. Была предложена ДСУЭ, которая контролирует, сравнивает и контролирует бытовые приборы. Она не рассматривает возобновляемые источники энергии.

По мере развертывания системы солнечной и ветровой энергетики, системы энергоменеджмента изучаются для улучшения интеллектуальной домашней техники. Они рассматривают только возобновляемые источники энергии, а не потребление их энергии. Домашний сервер собирает данные по потреблению энергии через ZigBee и данные по выработке энергии через контроллер возобновляемых источников энергии (КВИЭ). Рассматривая потребление и генерацию этой энергии, домашний сервер оптимизирует использование энергии в домашних условиях.

Несмотря на многочисленные усилия в сфере энергоэффективности

бытовых приборов, можно добиться еще более рационального использования энергии. В доме есть две связи энергии: потребление и генерация. Многочисленные бытовые приборы и лампы потребляют значительную часть энергии. Возобновляемые виды энергии, такие как солнечная энергия и энергия ветра, генерируют энергию. Поскольку дом потребляет и генерирует энергию, устройство управления, такое как домашний сервер, должно отслеживать и контролировать потребление энергии и генерацию, чтобы минимизировать затраты на энергию.

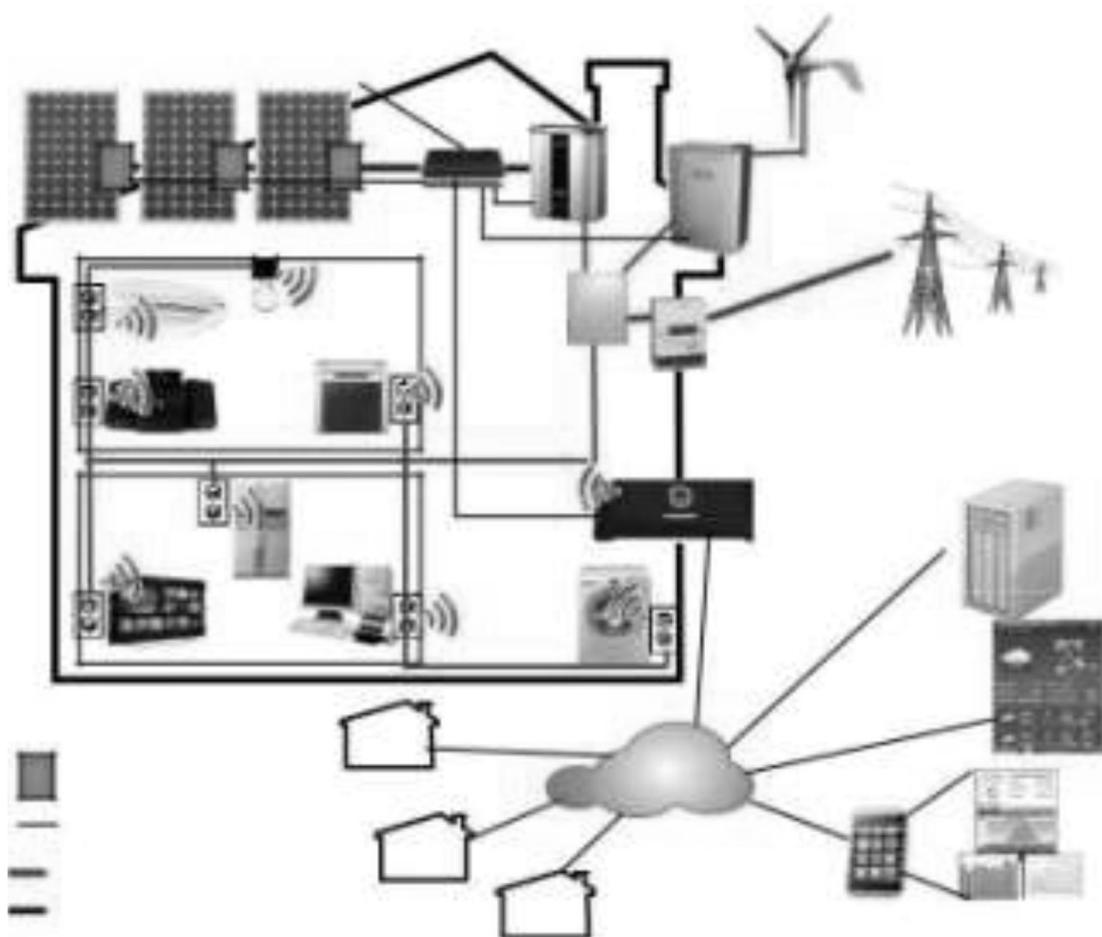


Рисунок 17 – Архитектура ДСУЭ

На рисунке 17 показана архитектура ДСУЭ, которая включает в себя: энергопотребляющие бытовые приборы, источники света, источники солнечной и ветровой энергии. В вопросе потребления энергии, потребление энергии бытовых приборов и источников света отслеживается с помощью

блока измерения и обмена энергией (БИОЭ), установленного в каждой розетке и в каждом источнике света. БИОЭ измеряет потребление энергии бытовой техникой и источниками света; он периодически добавляет измеренные значения на домашний сервер. БИОЭ связывается с домашним сервером с помощью ZigBee, который хорошо известен как связь с низким энергопотреблением. Домашний сервер собирает данные об энергии и мощности из розеток и источников света через точку доступа ZigBee (AP). Он анализирует собранные данные и составляет график использования энергии и мощности для бытовой техники и освещения. Через домашний сервер пользователи могут просматривать информацию об энергии и мощности и определять потребление энергии бытовой техникой и лампами.

В части генерации энергии выработка энергии солнечной и ветровой энергетической системы отслеживается через КВИЭ. Солнечная энергетическая система состоит из солнечных панелей, ПЛК-модемов, солнечного инвертора и КВИЭ. Модем ПЛК подключается к каждой солнечной панели; он общается с КВИЭ. Модемы ПЛК отслеживают состояние каждой панели и переводят данные отслеживаемого состояния в КВИЭ. Солнечный инвертор преобразует энергию солнечного постоянного тока в переменную мощность; он анализирует накопленную энергию и изменение мощности. Солнечный инвертор подключен к КВИЭ через последовательную связь. Ветроэнергетическая система включает ветротурбину и ветрогенератор. Инвертор ветра преобразует энергию ветра в переменную мощность. Он анализирует накопленную энергию и изменение мощности.

Инвертор ветра подключен к КВИЭ через последовательную связь. КВИЭ собирает данные о состоянии солнечных панелей и двух инверторов. Он передает собранные данные на домашний сервер через Ethernet. Домашний сервер анализирует собранные данные и формирует профиль энергии и мощности. Помимо обеспечения соединения между различными

нагрузками, эта система имеет возможность собирать информацию и выполнять команды управления для домашних хозяйств. Она обеспечивает непрерывные наблюдения и получает информацию о профиле нагрузки и питания, убеждая конечного пользователя принять превентивные меры, переключив вспомогательную нагрузку, чтобы сэкономить энергию для экстремальных условий. Эти экстремальные условия определяются пользователями, использующими электроэнергию в обычном состоянии, чтобы избежать полного отключения электроэнергии. Пользователи могут управлять работой всей системы из набора predetermined состояний в соответствии с их требованиями.

Эти операции могут быть дополнительно модернизированы с использованием различных факторов, таких как прогнозирование погоды и нагрузки. Это гарантирует расширенную функцию локальной сети и позволяет потребителям соответственно регулировать свою мощность. Для внесетевых нагрузок постоянного тока предлагается интеллектуальное хранилище. Используется последовательное соединение 2В батарей. Эти аккумуляторные батареи имеют возможность хранить максимальный заряд в виде ампер-часов с разностью потенциалов 2В постоянного тока. В общей сложности 12 ячеек соединены последовательно, поэтому оно может производить 24В постоянного тока. В соответствии с предлагаемым дизайном крыша покрыта солнечной панелью, которая соединяется непосредственно с системой управления энергией. Комбинация солнечных панелей уменьшает падение напряжения солнечного выходного напряжения, а также потери мощности. Линии питания переменного и постоянного тока напрямую связаны с линиями нагрузки переменного и постоянного тока в пределах встроенной проводки дома. Постоянный ток от солнечных панелей подается на ДСУЭ. Эта система принимает энергию, как от солнечной панели, так и от установки и подает питание на три типа нагрузок, как упоминалось ранее. Интеллектуальные беспроводные автоматические

выключатели устанавливаются при определенной нагрузке, такие как пакетные и регулярные нагрузки. В зависимости от выработки энергии, ДСУЭ будет распределять мощность между всеми подключенными нагрузками в разных временных промежутках. Он будет получать данные от трансформаторов тока и напряжения, установленных на стороне питания солнечных панелей и с нагрузкой.

Графический пользовательский интерфейс устанавливается с помощью ДСУЭ, который позволяет контролировать различные переменные, такие, как выработка энергии солнечными панелями, подключенная нагрузка и напряжение батареи. Используя профиль генерации энергии от солнечной панели, ДСУЭ будет определять приоритеты для каждого типа нагрузки, и электрифицировать конкретную нагрузку. В часы максимальной генерации ДСУЭ будет отправлять уведомления через SMS пользователям для регулирования своих конкретных задач. Эти уведомления основаны на сигналах тревоги и через SMS через GSM – модуль, подключенный к ДСУЭ. Интеллектуальные беспроводные автоматические выключатели, установленные при определенных нагрузках, дополнительно позволяют потребителям и установке дистанционно управлять избыточной нагрузкой. Эта система помогает одновременно управлять нагрузкой переменного и постоянного тока на основе точного расчета нагрузки.

Если общая мощность ВИЭ выше, чем потребность в нагрузке, превышение мощности используется для зарядки батарей. Напротив, если общая мощность ВИЭ меньше нагрузки, требуемая мощность обеспечивается батареями. Кроме того, если батареи полностью разряжены, требуемая мощность подается при помощи различных топливных элементов. Однако в некоторых условиях, например, если батареи полностью заряжены, а потребность в нагрузке меньше мощности ВИЭ, они не смогут работать на максимальной мощности.

В качестве ключевого компонента ДСУЭ домашний сервер объединяет

всю информацию об энергопотреблении и генерации. С течением времени он создает профили использования энергии и профили генерации энергии. Домашний сервер рассчитывает количество генерируемой возобновляемой энергии на основе прогноза погоды из Интернета. Информация о погоде включает температуру, влажность, количество облаков и скорость ветра. Поскольку на домашнем сервере уже содержатся данные о возобновляемой энергии по сравнению с информацией о погоде, она имеет многочисленные корреляции между выработкой энергии и погодой. Исходя из этих корреляций, домашний сервер оценивает количество генерируемой возобновляемой энергии из прогноза погоды. Цена на электроэнергию в реальном времени может быть получена от утилиты. Домашний сервер может управлять домашним энергопотреблением и контролировать его на основе расчетных данных. Пользователи могут получить различные аспекты анализа энергетической информации и различных рекомендуемых планов контроля для оптимизации использования энергии в домашних условиях. Они могут получить доступ к домашнему серверу через смартфоны, чтобы просматривать информацию о домашней энергии.

Если отдельные дома подписывают услугу управления, удаленный сервер управления энергией (УСУЭ) объединяет энергетическую информацию с домашних серверов. УСУЭ анализирует агрегированную информацию и создает новую информацию во многих аспектах. Основываясь на созданной новой информации, УСУЭ предоставляет услугу энергетического портала и помогает домам клиентов сравнить их использование энергии с потреблением других. Пользователи могут определить среднюю энергетическую информацию о домах, о генерации, а также о потреблении.

Домашний сервер управляет БИОЭ, установленными в розетках, и источниками света через ZigBee. Домашний сервер контролирует и управляет БИОЭ через блок управления. В таблице устройств используются

как домашние приборы, так и источники света, подключенные к ЭМС. Домашний сервер идентифицирует бытовые приборы и источники света, используя эту таблицу. Данные энергопотребления бытовой техники и освещения хранятся в информационной базе данных. Совокупные данные непрерывно собираются с течением времени. Менеджер потребления энергии (МПЭ) анализирует агрегированные данные в течение времени, дня, недели и месяца. Он создает информацию о потреблении энергии, такую как: использование энергии для бытовой техники и освещения; общая схема использования энергии для всего дома.

Домашний сервер вычисляет информацию о потреблении энергии дома, используя менеджер потребления энергии. КВИЭ передает данные о состоянии солнечных батарей, солнечного инвертора и инвертора ветра на домашний сервер. Поставляемые данные описывают характеристики каждой солнечной панели, солнечной и ветровой энергетической системы. Сборщик данных собирает доставленные данные и сохраняет их в информационной базе данных. Домашний сервер использует данные о погоде и хранит их в информационной базе данных. Данные о погоде используются для создания соответствия между выработкой энергии и погодой. Менеджер по производству энергии (МППЭ) анализирует производство возобновляемых источников энергии и рисует образцы погодных условий.

Генерация солнечной энергии относится к солнечной радиации. Генерация энергии ветра относится к скорости ветра. МППЭ может оценивать производство возобновляемых источников энергии на основе прогноза погоды. Основываясь на расчетной генерации энергии, домашний сервер изменяет расписание домашних устройств, чтобы снизить стоимость энергии. Например, при низком времени генерации возобновляемой энергии и в условиях высокой цены работа нескольких домашних устройств может быть перенесена в другое время, когда цена низкая. Домашний сервер решает, какая операция перемещается в соответствии с приоритетом

операции.

Следующей будет рассмотрена система «умного дома», основанная на технологии датчиков.

Умный дом сам по себе не означает «умный», когда дом построен благоприятно к окружающей среде, как он используется, или использует солнечную энергию и перерабатывает сточные воды, но то, что делает его умным – это интерактивные технологии, которые он содержит. Умный дом называется «умным», потому что его компьютерные системы могут контролировать многие аспекты повседневной жизни.

Концепция умного дома – это многообещающий и экономически эффективный способ улучшения ухода на дому для престарелых и инвалидов без навязчивого подхода, позволяющий добиться большей независимости, поддержания хорошего здоровья и предотвращения социальной изоляции. Умный дом состоит из бытовой техники, датчиков, приводов и процессоров данных и анализаторов. Домашняя автоматика приборов может быть либо проводной, либо беспроводной. В этой статье предлагается модель умного дома, основанная на Raspberry PI и устройстве на базе Android.

Умный дом определяется как дом, в котором есть программируемые электронные элементы управления и датчики, которые регулируют отопление, охлаждение, вентиляцию, освещение и работу оборудования и оборудования таким образом, чтобы реагировать на внутренние климатические условия, чтобы сохранить энергию. Умные дома используют технологии домашней автоматизации, чтобы предоставить домовладельцам интеллектуальную обратную связь и информацию, ежедневно отслеживая многие аспекты дома. Основные элементы умного дома:

- Внутренняя сеть – проводная, кабельная, беспроводная.
- Интеллектуальное управление – шлюз для управления системами.
- Домашняя автоматизация – объекты внутри дома и связь с услугами и системами вне дома.

Широкий спектр различных интеллектуальных домашних технологий быстро развивается вместе с разработками в области компьютерных средств управления и датчиков. Умные дома представляют собой захватывающие возможности изменить то, как мы живем и работаем, и одновременно сократить потребление энергии. Есть уже различные реализации умных домов. Большинство реализаций используют беспроводные технологии для связи между бытовой техникой и основным блоком. Главная проблема, которую люди пытаются решить в умном доме - это сделать дом, который поможет людям автоматизировать повседневную деятельность. Например, при настройке домашней температуры, чтобы дом был достаточно освещенным и обеспечивал безопасность дома. С этой идеей люди развивали умные дома, основанные на разных технологиях:

- Умный дом, основанный на пользовательском микроконтроллере и мобильном приложении. Умная домашняя система использует Bluetooth для связи между мобильным приложением и системой. Это зависит от контроллера, который он использует. Некоторые микроконтроллеры используются больше, чем другие, что делает эти интеллектуальные домашние системы более гибкими.
- Умный дом, основанный на пользовательском микроконтроллере и компьютере. Умная домашняя система использует Bluetooth для связи между приборами. Он основан на компьютере как точке входа для связи между пользовательской и интеллектуальной домашней системой. Компьютер подключается с помощью провода к микроконтроллеру.
- Умный дом, основанный на Arduino и мобильном приложении. Умная домашняя система использует Bluetooth для связи между мобильным приложением и Arduino. Эта система является гибкой и масштабируемой. Ограничение этой системы - диапазон Bluetooth.
- Умный дом, основанный на компьютере. Умная домашняя система

использует Wi-Fi для связи между приборами и основным компьютером. Главный компьютер общается с приборами через микроконтроллер. Основное преимущество этой системы заключается в том, что к ней можно подключить неограниченное количество приборов.

Некоторые из упомянутых выше решений используют Bluetooth для связи между основным компьютером / микроконтроллером и приборами. Кроме того, некоторые из решений основаны на дистанционном управлении с помощью мобильного телефона, которые также используют Bluetooth для связи между мобильным и основным компьютерами. Умные дома сегодня предлагают аналогичную функциональность конечному пользователю. Эта функциональность основана на следующем:

- Интеграция с интеллектуальными устройствами.
- Интеграция с датчиками для отслеживания условий в умном доме.
- Единая точка управления для всего умного дома.
- Дистанционное управление умным домом.

Система основана на двух основных частях. Первая часть – мобильное приложение на платформе Android. Вторая часть системы – это электронная плата, которая используется для управления. Первый сценарий использования – когда приложение Android используется для связи с электронной печатной платой с использованием Bluetooth в качестве канала связи. Приложение Android, необходимое для использования в этой системе, можно бесплатно загрузить с Google Play (рынок приложений Android). Электронная плата состоит из микроконтроллера, модуля Bluetooth, IC-переключателя реле, а также реле, которые используются для переключения электрических нагрузок на цепь и для переключения источника питания. Приложение Android отправляет команду, полученную модулем Bluetooth, и перенаправляется через последовательный интерфейс USART на микроконтроллер, который выполняет необходимые действия.

Микроконтроллер, который используется в этой системе – это ATmega 128, высокопроизводительная и маломощная архитектура RISC на базе 8-битного MCU. Рабочее напряжение этого микроконтроллера составляет 5В. Регулятор напряжения (LM78055) используется для получения желаемого напряжения на этом устройстве.

Основным преимуществом этой системы является то, что она проста в использовании и настройке. Наиболее важным недостатком этой системы является то, что она ограничена использованием Bluetooth, поэтому имеет ограничение по диапазону Bluetooth.

Другая система основана на микро-сервере Arduino в качестве основного контроллера. Это предполагает использование мобильного приложения на базе ОС Android. В качестве совместимого уровня он использует веб-службы на основе Bluetooth и RESTful. Эта система домашней автоматизации отличается высокой функциональностью и включает в себя некоторые дополнительные функции, такие как аутентификация пользователей, Bluetooth и подключение к Интернету, безопасность, пожарная система с оповещениями о сирене и электронной почте и автоматическое управление бытовой техникой. Основным контроллером является микро-веб-сервер Arduino, который содержит устройство Arduino Mega 2560 и Arduino Ethernet Shield. Он также включает в себя другое оборудование, такое как радиомодуль nRF24L01+, который используется для связи и координации действий с другими сенсорными узлами в среде и модулем Bluetooth. Использование системы – контроль безопасности и наблюдения, блокировка дверей, управление воротами, обнаружение пожара и обнаружение вторжений с сигнализацией и уведомлениями. Он также позволяет провести аутентификацию пользователя для доступа к системе умного дома, он обеспечивает интеллектуальное управление энергопотреблением и управление умным домом.

Основным преимуществом этой системы является гибкое и

масштабируемое решение, поскольку оно основано на Arduino.

Наиболее важным недостатком этой системы является то, что она ограничена использованием Bluetooth, поэтому имеет ограничение по диапазону Bluetooth.

Различные значения можно прочитать на мобильном устройстве Android и через сайт, считывающий значения из облачного хранилища данных. Все интеллектуальные устройства подключены к одной и той же сети, используя Wi-Fi-маршрутизатор, и обмениваются данными с основным компьютером в системе, который является Raspberry PI-устройством. Все датчики подключаются непосредственно к Raspberry PI, а Raspberry PI собирает всю информацию от датчиков и отправляет эту информацию в облако, используя существующую сеть Wi-Fi. Это означает, что значения в облаке будут отображаться в режиме реального времени, которые собираются на датчиках.

Кроме того, эта же информация отправляется на мобильное устройство Android. Пользователь может отслеживать различные факторы, считываемые в системе, например: температура, влажность, количество света, плотность дыма и т. д. Это дает пользователю четкую картину, такие как условия в умном доме. Если пользователь в радиусе 100 м от сервера, пользователь может отправлять команды на Raspberry PI напрямую через мобильный телефон. Если пользователь не находится в пределах 100 м, пользователь может использовать мобильную станцию для отправки команд на Raspberry PI, и эта связь осуществляется через облако (которое связывается с Raspberry PI).

2. Исследовательский раздел

2.1 Начальные данные

Для того чтобы подобрать необходимое значение величины питающего напряжения системы необходимо руководствоваться мощностью, которая будет потребляться бытовой нагрузкой переменного тока. Таким образом, при общей мощности потребителей до 1 кВт, выбирается питающее напряжение системы 12В, если же суммарная мощность нагрузки по переменному току превышает 1 кВт, тогда значения выходного напряжения составляет 24В. Когда совокупная мощность потребления всех бытовых электроприборов превышает значение в 3,5 кВт, тогда итоговое значения выходного напряжения системы будет равно 48В. В промежутке выходной мощности нагрузок 1 – 3.5 кВт можно использовать систему с напряжением питания в 36В.



Рисунок 18 – Среднегодовой уровень инсоляции на территории Российской Федерации

Таблица 1 – Средний ежемесячный уровень солнечной инсоляции за последние 10 лет на территории Самарской области.

Месяц	Солнечная инсоляция, кВт*ч/м ²	Оптимальный угол наклона, °
Январь	1,76	69
Февраль	2,78	61
Март	4,15	49
Апрель	5,04	33
Май	5,95	19
Июнь	6,26	13
Июль	6,11	16
Август	5,13	28
Сентябрь	3,90	43
Октябрь	2,66	56
Ноябрь	1,85	66
Декабрь	1,58	72
Среднее за год	3,94	43,6

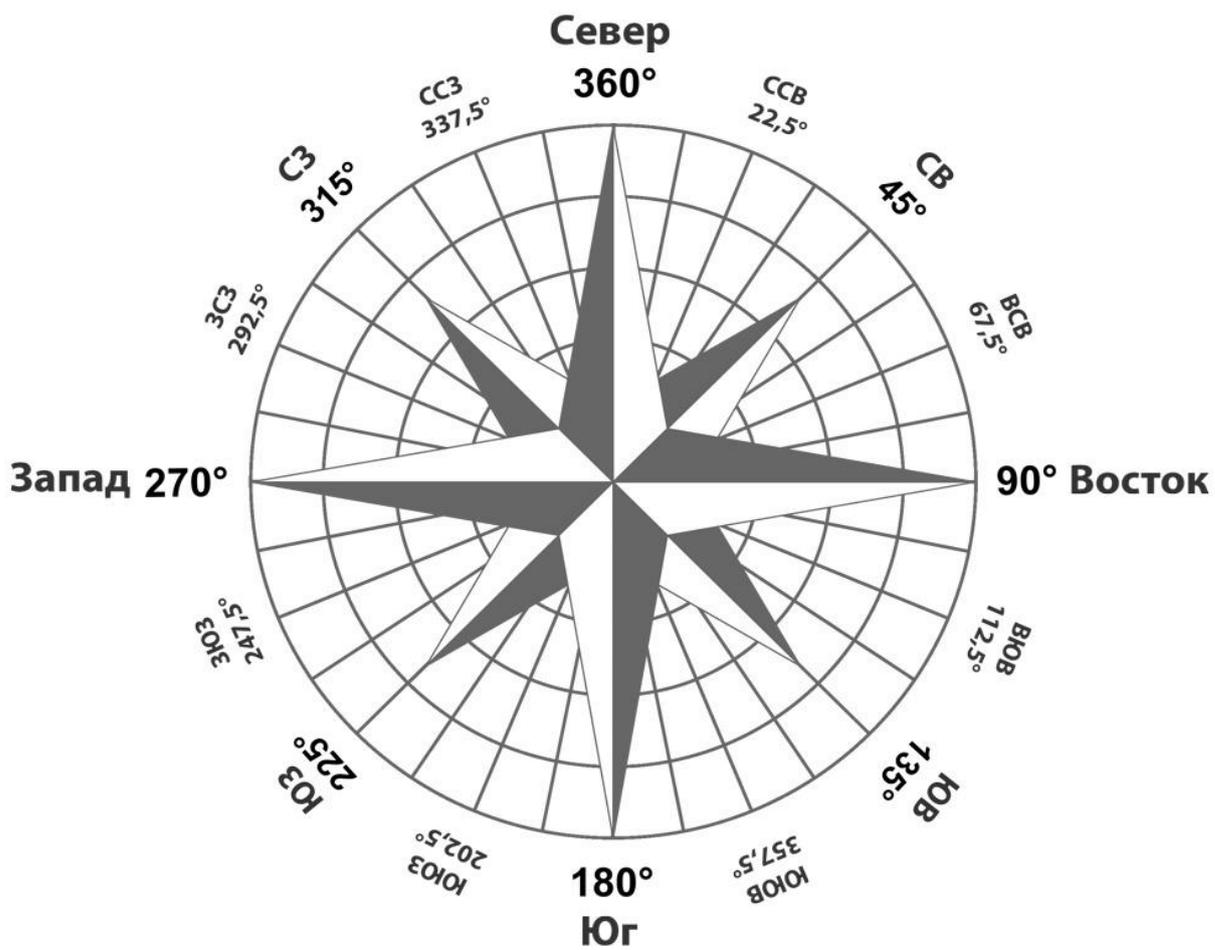


Рисунок 19 – Роза ветров

Таблица 2 – Сравнение коэффициентов полезного действия для различных видов солнечных батарей.

Разновидности солнечных панелей	КПД преобразования (в процентах)
Монокристаллические	17 – 22%
Поликристаллические	12 – 18%
Аморфные	5 – 6%
Теллурид кадмия	10 – 12%
Селенид меди-индия	15 – 20%
Полимерные	5 – 6%

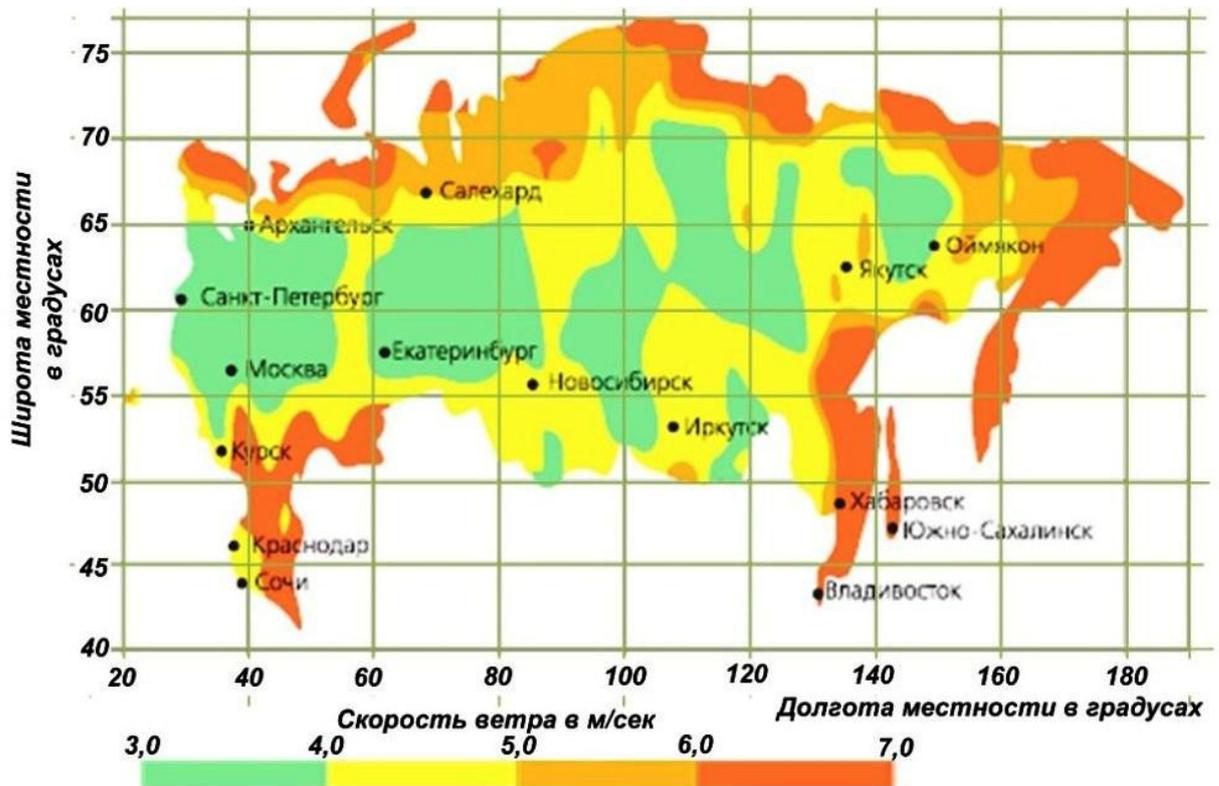


Рисунок 20 – Среднегодовой график распределения скорости ветра на территории Российской Федерации

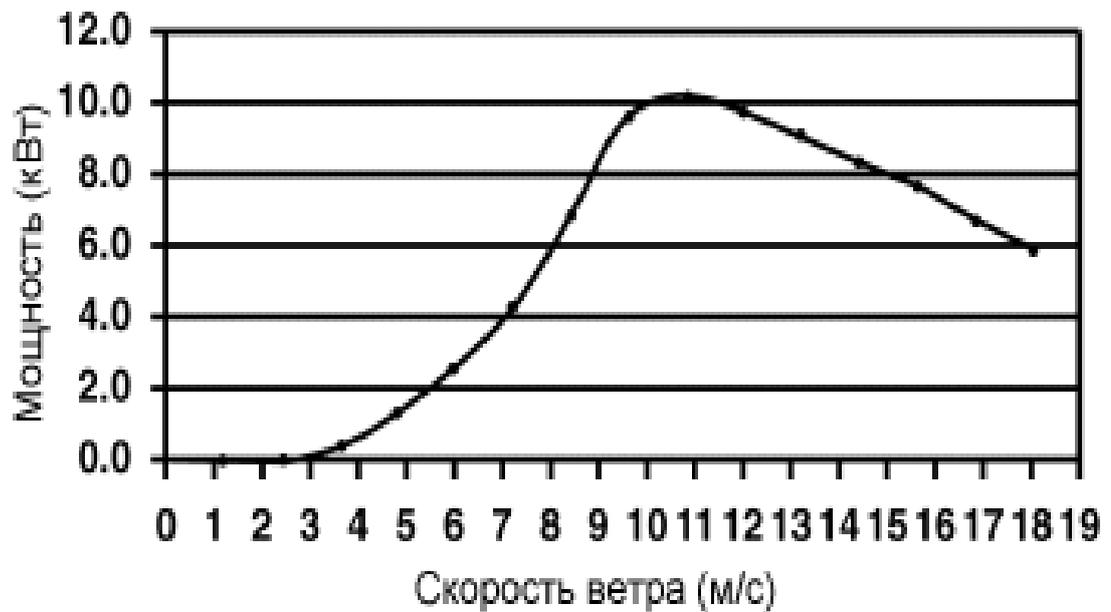


Рисунок 21 – Зависимость мощности генераторов от скорости ветра



Рисунок 22 – Зависимость мощности ветряков от диаметра роторов и площади лопастей

Таблица 3 – Сравнительная характеристика для различных габаритов ветрогенераторов

Максимальная мощность, кВт	Напряжение, В	Диаметр ротора, м	Высота мачты, м	Номинальная скорость, м/с
0,55	24	2,5	6	8
2,6	120	3,2	9	9
6,5	240	6,4	12	10
11,2	240	8	12	10
22	360	10	18	12

Таблица 4 – Средняя ежемесячная скорость ветра за последние 10 лет на территории Самарской области.

Месяц	Скорость ветра, м/с	Направление ветра, °
Январь	4,63	203
Февраль	4,91	194
Март	4,68	189
Апрель	4,30	193
Май	4,26	199
Июнь	3,83	200
Июль	3,45	209
Август	3,54	221
Сентябрь	3,80	224
Октябрь	4,30	229
Ноябрь	4,32	226
Декабрь	4,68	222
Среднее за год	4,22	

Среднегодовая или среднемесячная скорость ветра – это усредненный показатель, рассчитанный на основе 10 – летних наблюдений. В таблице 4 используются значения скорости ветра на высоте 10 метров от поверхности земли. Данные значения обычно различаются в разных частях страны и напрямую влияют на эффективность использования ветрогенераторов. На движение ветров имеет большое влияние даже различные времена года. В отдельных районах страны может быть длительное затишье.

На движение воздушных потоков на местности сильно влияют и снижают этот параметр:

- лес и ближайшие деревья;
- соседние дома и строения;
- расположения конструкции в низине или за возвышением.

2.2 Расчет выработки ветрогенератора для Самарской области

Формула для расчетов полезной мощности ветрогенератора представлена ниже:

$$P = k \cdot R \cdot V^3 \cdot \frac{S}{2}, \quad (1)$$

где

- k – КПД турбины. «Параметр невозможности круглосуточного потока ветра для максимальной мощности» [22]. Значения этого параметра лежат в пределах $k \approx 0,2 - 0,5$;
- R – плотность воздушного потока, значение примерно $1,225 \text{ кг/м}^3$;
- V – скорость ветра, м/с;
- $S = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$ – площадь ветрового потока, м^2 .
- D – диаметр лопастей ветрогенератора, м.

«Как видно из формулы, выработка ветрогенератора находится в кубической зависимости от скорости ветра, а значит использовать усредненные за месяц данные не совсем правильно. К примеру, номинальная выработка ветряка мощностью 1 кВт достигается при скорости ветра 10-12 м/с, при этом при скорости ветра в 5 м/с выработка будет всего порядка 110 Вт. А при стартовой скорости ветра 3 м/с, всего 20 Вт. Другими словами, рассчитать возможности ветряной электростанции можно только в конкретный момент времени» [22].

«На сегодня наивысший КПД горизонтальных ветровых установок, обладающих большей эффективностью, чем вертикальные ветряки, равен 0,4. Для вертикальных устройств среднее значение считается равным 0,38, т.е. показатели близки и не находятся на большом удалении друг от друга» [24].

Соответственно, из этого следует, что если не вдаваться в конкретные цифры, разница между различными типами ветрогенераторов не особо существенна в теории, весь выбор будет сводиться к конкретным

метеорологическим условиям в месте расположения ветряка.

Более выгодным выбором в Самарской области будут вертикальные ветрогенераторы с их способностью выдавать заявленную мощность при небольших скоростях ветра в 3-4 м/с, а также возможность их расположения даже на крышах домов или на небольшом удалении от земли. К сожалению, в большинстве случаев самым распространенным решением у поставщиков является горизонтальный тип ветряков из-за их эффективности и простоты изготовления, но для них необходимо достаточно большое свободное пространство, постоянный ветер 5-8 м/с, а также мачта высотой около 10-15 метров для получения номинально заявленной мощности.

Из формулы 1 произведем расчеты выработки ветрогенератора за 1 час при средней для Самарской области скорости ветра в 4 м/с, диаметре лопастей 3.2 м и КПД в 40%:

$$P = 0.4 \cdot 1.225 \cdot 4^3 \cdot \frac{3.14 \cdot 3.2^2}{8} = 126 \text{ Вт} \cdot \text{ч}. \quad (2)$$

Как видно из этого расчета, скорость ветра влияет значительно на выходную мощность, к примеру, при ветре в 10 м/с, выработка ветряка достигает 1970 Вт·ч, что является почти максимальной мощностью для ветрогенератора с представленными выше параметрами.

Для того, чтобы понять, сколько в среднем за год будет выработано энергии, возьмем значение из формулы 2 и умножим на количество часов в году:

$$P_{\text{год}} = 126 \cdot 8760 = 1103760 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 1103,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год}. \quad (3)$$

Стоимость данного ветряка [25] составляет 83871 рубль, монтажные работы 15000 рублей, срок службы 10 лет, предельная скорость ветра 25-30 м/с, которая иногда появляется в Самарской области, проверка и смазка подшипников раз в полтора года, очистка от ржавчины раз в три года.

2.3 Расчеты для выбора солнечных панелей для Самарской области

Количество электроэнергии, вырабатываемой одной солнечной батареей в сутки, находится по формуле:

$$P = P_{\text{СБ}} \cdot n, \quad (4)$$

где K – коэффициент солнечной инсоляции, $\text{кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$; n – среднее время работы солнечной панели в сутки; $P_{\text{СБ}}$ – мощность одной панели.

Для расчета вырабатываемой энергии солнечными батареями возьмем самый эффективный тип по таблице 2 – монокристаллические панели с КПД 17–22%, а также рассчитаем вырабатываемую электроэнергию за час на самом солнечном месяце в Самарской области – июне с уровнем солнечной инсоляции в $6.26 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$. Солнечный день в июне длится 17 часов. Сократим до 15 часов из-за того, что не предполагается автоматическая подстройка угла наклона солнечной панели относительно солнца.

$$P_{\text{день}} = 0.3 \cdot 15 = 4.5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{сутки}. \quad (5)$$

Произведем расчеты по среднегодовому значению для определения выработки энергии за год в те дни, когда на получение солнечной энергии не влияют отрицательные погодные условия. Также предположим необходимость минимум 5 солнечных батарей мощностью в 300 Вт каждая, а средняя продолжительность светового дня за год составляет около 12 часов, количество солнечных дней в году в Самаре равно 123 дня [28]:

$$P = 0.3 \cdot 5 \cdot 12 \cdot 123 = 2214 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{год}. \quad (6)$$

Конечно, данные, которые были получены из формулы 6, являются идеальным случаем, когда солнечные батареи всегда ориентированы на солнце, а также если в течение всего светового дня солнечные панели работали на своей полной эффективности.

Для расчета эффективности солнечных преобразователей энергии за год при учете всех остальных дней, когда для солнечных лучей появляются

препятствия в виде обычных, дождевых, или снежных облаков, примем условно для наших расчетов эффективность батарей в 50% от максимального значения выходной мощности в 300Вт. В конечном счете, получается следующее значение выработки электроэнергии солнечными панелями при неблагоприятных для них климатических условиях за оставшиеся для расчетов 242 дня:

$$P = 0.15 \cdot 5 \cdot 12 \cdot 242 = 2178 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год.} \quad (7)$$

Итоговое значение выработки электроэнергии за весь год от преобразователей солнечной энергии находится по следующей формуле:

$$P_{\text{год}} = 2214 + 2178 = 4392 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год.} \quad (8)$$

Стоимость комплекта из 5 солнечных батарей Exmorк ФСМ-300М равна 93095 рублей, срок службы по информации производителя 30 лет, с 20% потерями мощности – 25 лет, максимально напряжение равно 36В, номинальное – 24В, максимальный ток – 8А.

Когда солнечный элемент подвергается воздействию солнечного луча, температура ячейки начинает постепенно повышаться от 25°C до 55°C. Это повышение температуры ячеек приводит к постепенному понижению напряжения холостого хода (ХХ) примерно до 12%. Это приводит к снижению эффективности на 0,4% при увеличении температуры ячеек на 1°C. Затем солнечный симулятор отключается и несколько раз отслеживает изменения напряжения из-за нагрева и охлаждения ячейки. Влияние повышения температуры ячейки на ток короткого замыкания было минимальным. Ток изменяется только на 1% при изменении температуры ячейки на 30°C, что соответствует основной теории.

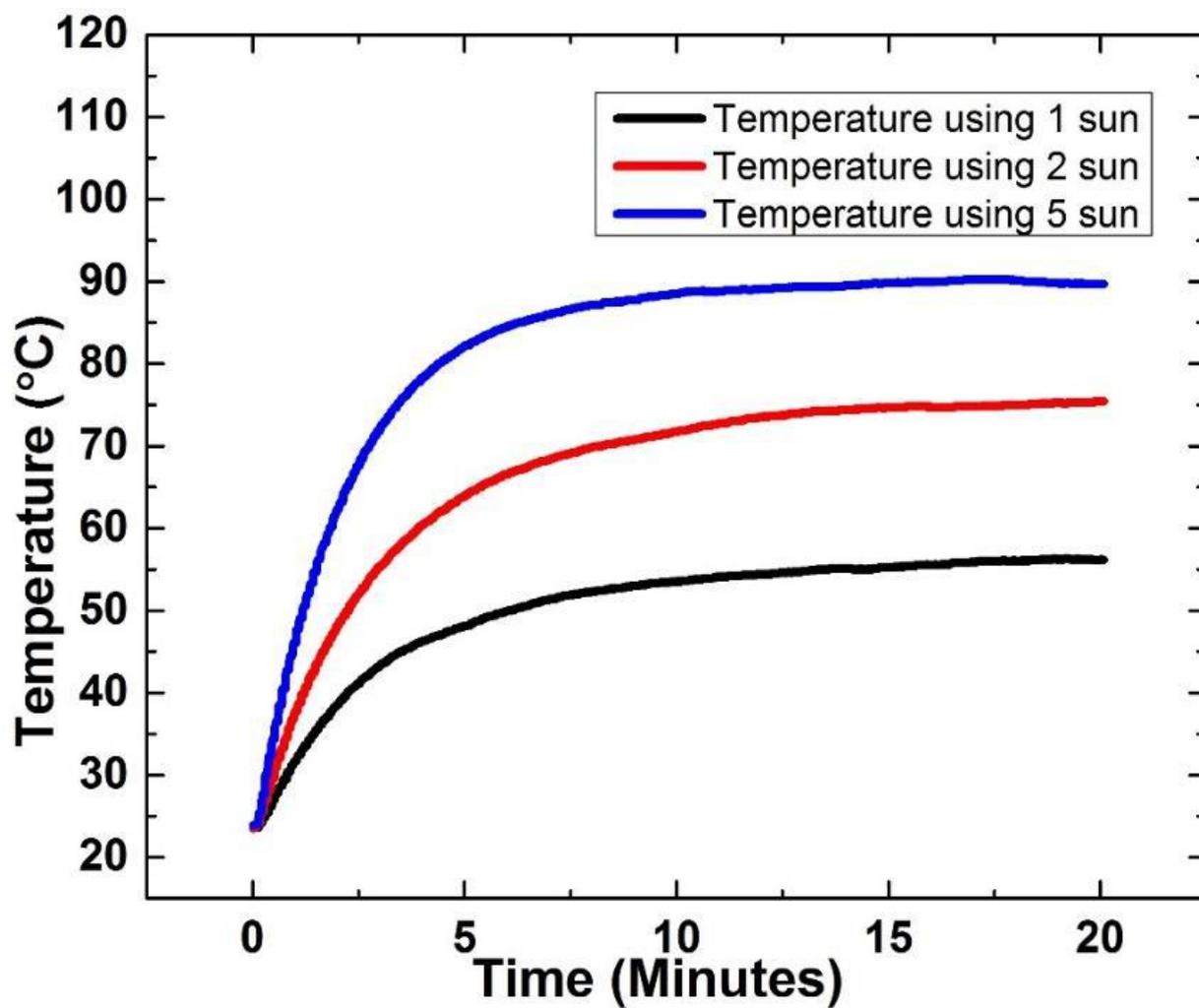


Рисунок 23 – Изменение температуры солнечной батареи при 1, 2-х, 5-кратной концентрации солнечных лучей

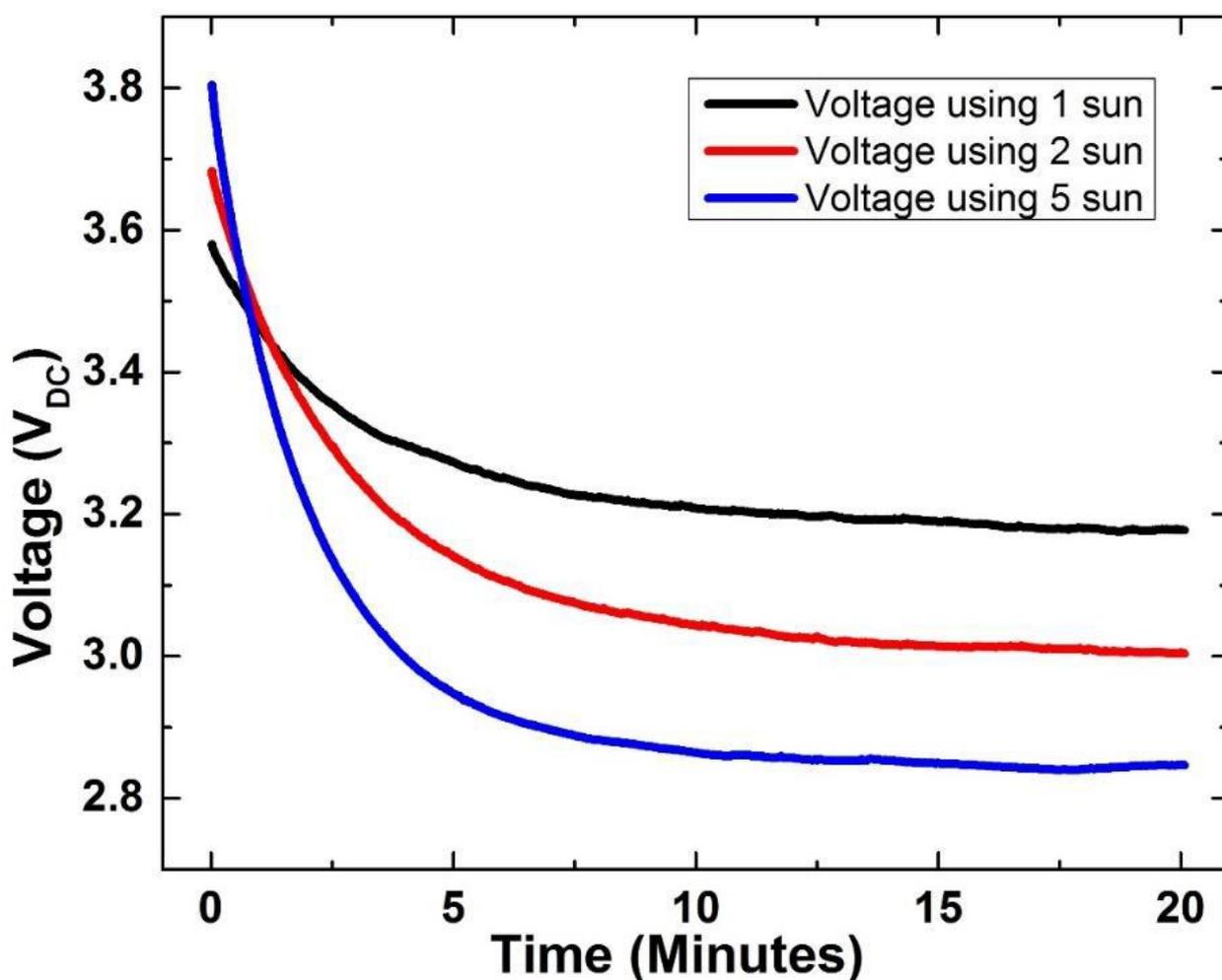


Рисунок 24 – Изменение со временем напряжения ХХ солнечной батареи при 1, 2-х, 5 – кратной концентрации солнечных лучей.

Еще один меньший солнечный элемент испытывается при двукратном и пятикратном концентрированном солнечном освещении. Было обнаружено, что температура ячейки повышается с увеличением концентрации солнечного света, как показано на рисунке 24. Напряжение разомкнутой цепи незначительно увеличивается примерно до 6% при использовании пятикратной солнечной концентрации (рисунок 23), тогда как ток короткого замыкания существенно возрастает примерно до трех по сравнению с обычной интенсивностью солнечных лучей.

На рисунке 25 показано изменение напряжения ХХ при воздействии двукратной концентрации солнечных лучей без охлаждения и с охлаждением

на основе обычного радиатора, специального термоинтерфейса, а также с использованием подложки на основе 4% графена.

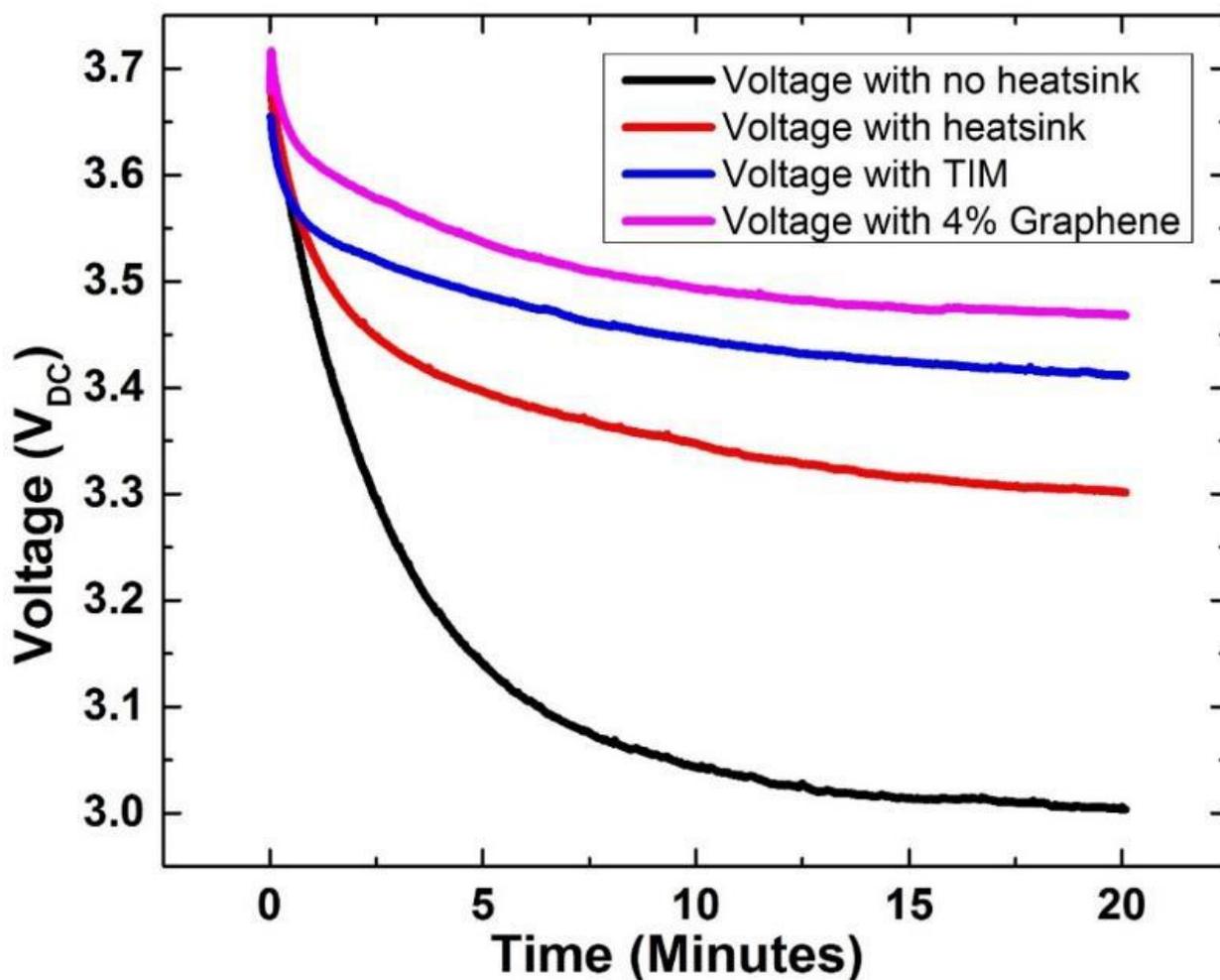


Рисунок 25 – Изменение напряжения ХХ с охлаждением и без охлаждения солнечной батареи при двукратной концентрации солнечной энергии

В итоге можно сказать, что применение охлаждения для солнечных панелей дает небольшой прирост общего значения КПД. Целесообразность использования охлаждения необходима тогда, когда температура поверхности солнечной панели будет превосходить максимальную температуру в 55°C, которую можно достичь на территории Самарской области только в самые жаркие летние дни. При использовании технологии концентраторов солнечных лучей, когда направляется на панели большое количество линз, применение охлаждения может показать неплохие

результаты по уменьшению потерь мощности из-за высокой температуры.

2.4 Итоговый расчет

После расчетов среднегодовых параметров выходной мощности с гибридной системы электроснабжения, основанной на ветрогенераторе и солнечных батареях по 1.5 кВт номинальной мощности от каждого элемента, в итоге получили 5500 кВт·часов энергии в среднем за год по Самарской области. При этом выработка электроэнергии от солнечных панелей больше чем в три раза превышает эффективность ветрогенератора той же мощности. Выбор аккумуляторных батарей будет исходить из максимальных параметров напряжения и тока от источников альтернативной энергии. В нашем случае максимальное напряжение равно 36В от солнечных панелей, максимальный ток 83А от ветрогенератора.

Хорошим выбором может служить GEL – гелевый тип аккумуляторов, который хорошо переносит перепады температур, подходит для систем с частичной заменой электросети, однако ток заряда данного вида аккумулятора не должен превышать 0.2 от заявленной емкости, т.е. при токе 80А емкость должна составлять 400Ач. AGM – аккумуляторная батарея обладает высокой плотностью энергии. Ток заряда не превышает 0,3 от емкости батареи, что приблизительно на 40% больше, чем у гелевых аккумуляторов, таким образом, потребуется аккумулятор на 250Ач.

Возьмем с запасом 2 аккумулятора с емкостью 150Ач и ценой 17648 рублей за каждый, срок их службы составляет около 10 лет. В качестве инвертора возьмем ИС-24-3000 стоимостью 26100 рублей, входное напряжение которого находится в диапазоне 21-29В, выходная мощность 3 кВт, КПД преобразования энергии 92%. Для солнечных панелей необходим специальный контроллер, при помощи которого будет регистрироваться выходная мощность, которая поступает с наших панелей, например, MPPT SRNE SR-ML4830, с максимальными входным током 30 А и напряжением

48В стоимостью 16774 рубля.

Тариф на электроэнергию в Самарской области на 2019 год составляет 2.84 руб/кВт·ч, в среднем тариф за год повышается на 0.14 рублей. С учетом срока службы аккумуляторов в 10 лет, рассчитаем итоговую стоимость полученной системы: в итоге по расчетам суммарная стоимость всех необходимых компонентов для создания системы резервного питания с использованием источников альтернативной энергии за период в 10 лет составила около 270000 рублей. Возмещение затрат на произведенную за эти 10 лет электроэнергию от источников альтернативной энергии составит: $5500 \cdot 0.92 \cdot 3.54 \cdot 10 = 179124$ рубля.

Из этих расчетов получается, что за 10 лет при постоянном использовании данной системы, не всю вложенную в необходимые компоненты сумму удастся возместить, что говорить о случае, когда она будет использоваться только лишь как резервный источник питания при наличии основной городской сети. При этом каждые 10 лет будет необходимо заменять старые аккумуляторы новыми, а также проводить постоянное обслуживание солнечных панелей и ветрогенератора с целью поддержания эффективности их работы.

Если проводить дальнейшие расчеты на срок уже в 20 лет, только тогда произойдет полное возмещение затрат на приобретение системы питания с источниками альтернативной энергии при условии полной сохранности остальных компонентов, исключая аккумуляторные батареи. Если же использовать данную систему как резервную, тогда ее целесообразность может быть рассчитана только для тех случаев, когда появляется большая необходимость в устойчивом источнике электроэнергии, а также при питании достаточно дорогостоящих и требовательных к напряжению электроприборах при отсутствии стабильного сетевого напряжения.

3. Проектный раздел

3.1 Выбор необходимых компонентов

В качестве основы для нашего макета устройства системы резервного питания на элементах альтернативной энергетики, которая будет контролировать всю работу устройства, был выбран микроконтроллер серии Arduino UNO R3, лицевая часть которого представлена на рисунке 26.

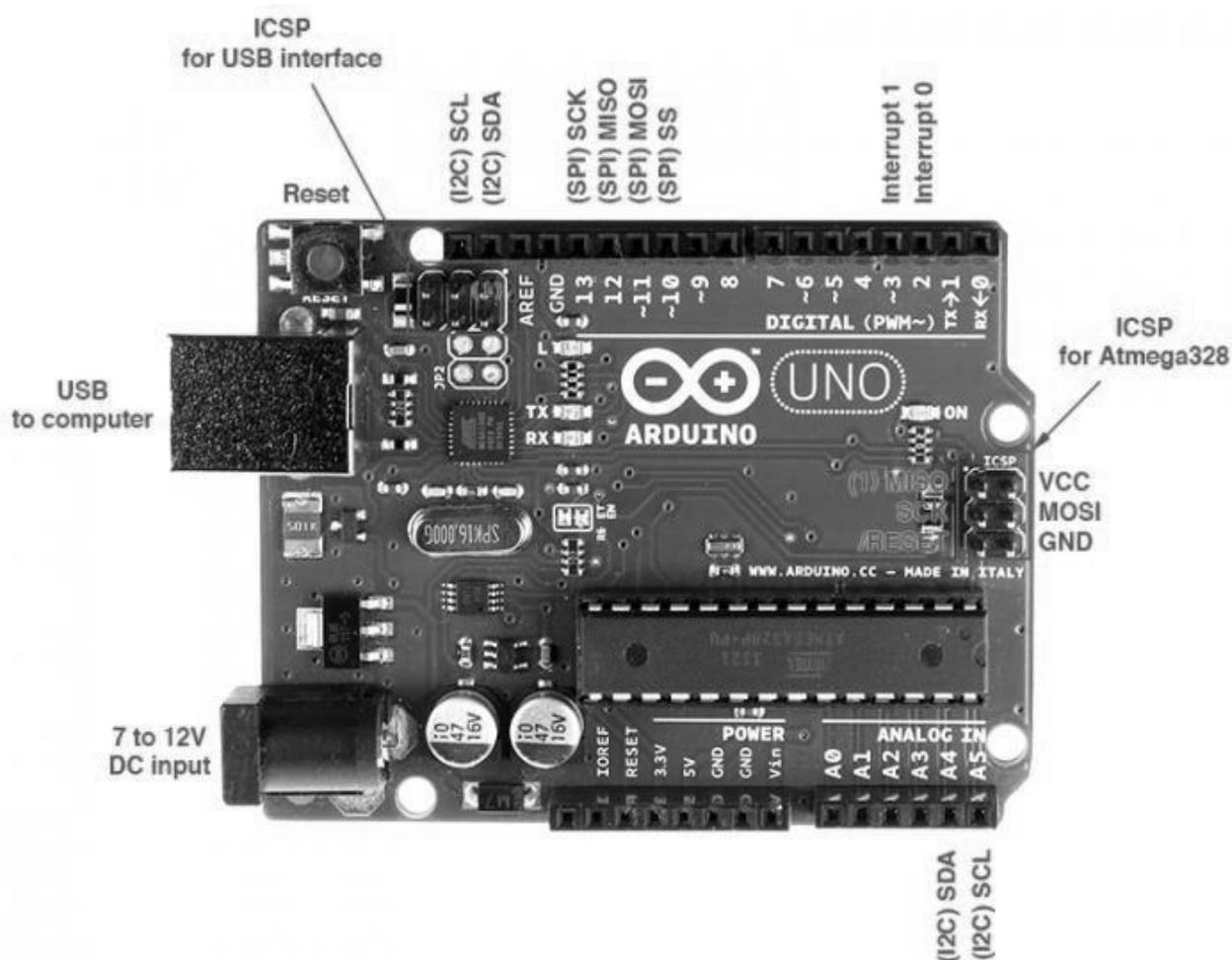


Рисунок 26 – Изображение лицевой стороны микроконтроллера Arduino Uno R3

Микроконтроллер серии Arduino Uno R3 представляет собой устройство с основой на микросхеме ATmega328. Подключение и работа с

микроконтроллером происходит при помощи 14 цифровых входов/выходов, номера которых на самом устройстве обозначаются числами от 0 до 13. Максимальное напряжение, получаемое с выводов, составляет 5В, а максимальный ток каждого равен 40 мА. При этом шесть цифровых выходов, обозначенных знаком «~» являются выходами, у которых возможно применение широтно – импульсной модуляции (ШИМ). У микроконтроллера также присутствует шесть аналоговых входов, обозначенных как «А0 – А5», кварцевый резонатор на 16 МГц, разъем для подключения к персональному компьютеру и питанию от него типа USB, разъем для отдельного питания напряжением вплоть до 12В, разъем для внутрисхемного программирования (ICSP) и кнопка сброса самого микроконтроллера при его неисправности.

Для загрузки в микроконтроллер необходимых программ предусмотрен объем Flash – памяти на 32 килобайт на основе микросхем ATmega328, при этом 0,5 килобайт необходимо для работы самого загрузчика. Для сохранения данных даже при отключении питания от микроконтроллера предусмотрена специальная энергонезависимая память EEPROM объемом в 1 килобайт.

Чтобы начать работу с микроконтроллером Arduino, необходимо приложить напряжение от AC/DC – адаптера или батарейки 9В типа «Крона», а также через USB – кабель от персонального компьютера. Через порт AREF возможно задание опорного напряжения для аналоговых выходов. При использовании порта IOREF происходит подстройка специальных плат расширения с напряжением самого микроконтроллера. Этот порт требуется при совместимости плат для расширения функционала как с напряжением питания в 5В с базой микроконтроллера AVR, так и с 3.3В на микроконтроллерах вида Arduino Due и др.

Для коммутации различных приборов используется специальный многоканальный модуль реле для микроконтроллеров (рисунок 28), принципиальная схема устройства изображена на рисунке 29.

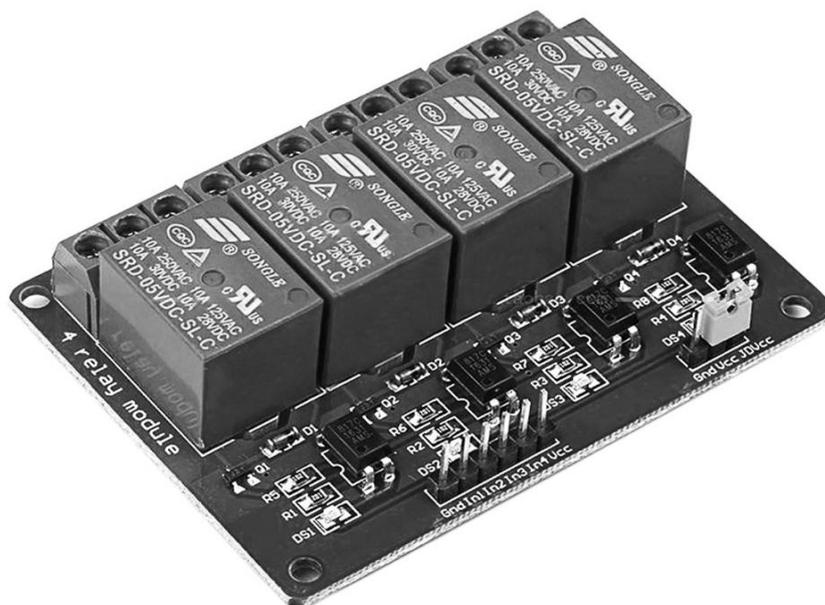


Рисунок 28 – Изображение многоканального модуля реле

В состав многоканального модуля входят четыре независимых одноканальных реле, в основе которых находятся следующие элементы: резисторы номиналом в 1 кОм (R1, R2), подтягивающий резистор R3 сопротивлением в 10 кОм, р-п-р транзистор (VT1), обратный диод (VD2) и реле (K1). Элемент VD1, который является на схеме красным светодиодом, свидетельствует собой индикацию наличия питания модуля реле, когда загорается зеленый светодиод VD3, тогда следует то, что реле находится в разомкнутом состоянии. Контакты одноканального модуля реле изображены на рисунке 30. Соответственное обозначение контактов реле: NC – нормально замкнутый, SW – контакт переключения, NO – нормально разомкнутый.

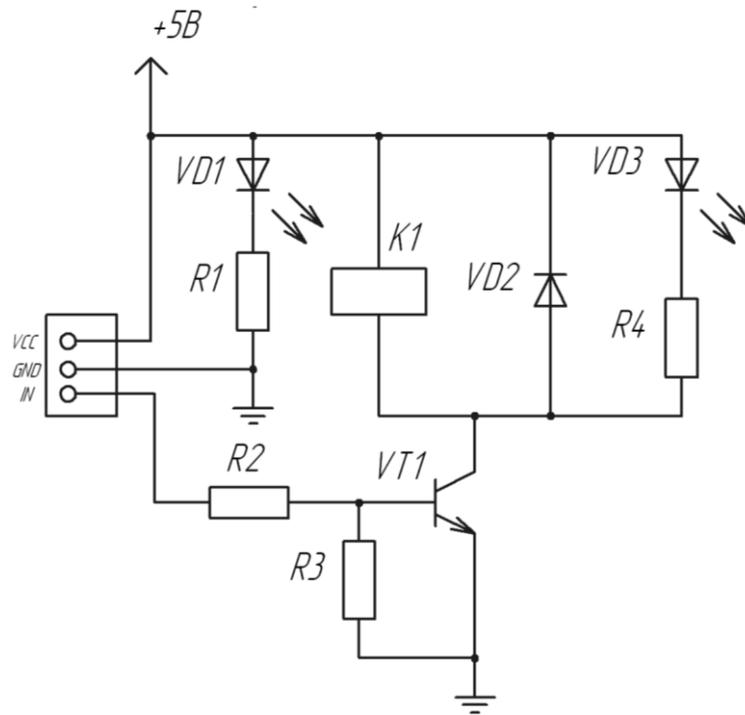


Рисунок 29 – Принципиальная схема модуля реле

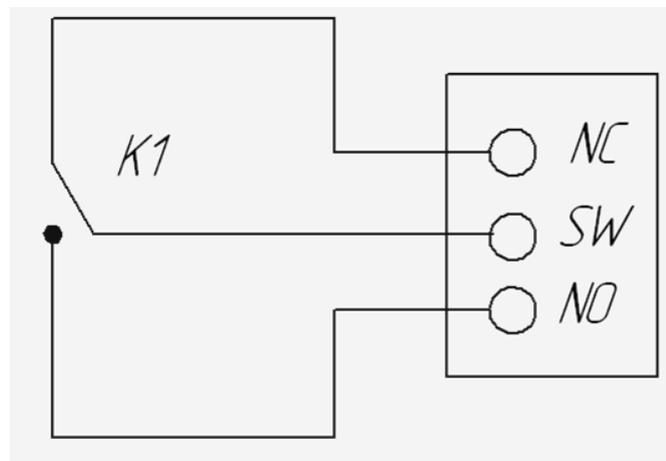


Рисунок 30 – Контакты реле

Когда происходит подача питания на модуль реле, тогда нахождение выводов реле в состоянии с высоким сопротивлением препятствует открытию транзистора. Для того чтобы открыть р-п-р транзистор, на его базу необходимо подавать отрицательное напряжение относительно питания реле. Это можно сделать через микроконтроллер с помощью функции

`digitalWrite(pin, LOW)`, где «pin» - это значение логического вывода, через который реле управляется микроконтроллером. После этого происходит срабатывание реле через открытие транзистора и протекание тока через цепь управления. Если необходимо снова замкнуть контакты реле через закрытие транзистора путем подачи «плюса» на его базу, тогда следует воспользоваться функцией `digitalWrite(pin, HIGH)`.

Для отображения информации можно воспользоваться жидкокристаллическим дисплеем LCD1602, который основан на микросхеме типа HD44870 (рисунок 31). На этом рисунке представлен сам дисплей LCD1602, который может подключаться к микроконтроллеру при помощи, подключенной к нему платы последовательного I2C – интерфейса с контроллером PCF8574AT, обеспечивающим подключение дисплея только через четыре провода. Контакты I2C – интерфейса SDA и SCL соединяются соответственно с входами SDA и SCL микроконтроллера Arduino Uno R3, контакты VCC и GND – соответственно к выводам +5В и GND на микроконтроллере.



Рисунок 31 – Изображение жидкокристаллического дисплея LCD1602, подключаемого через плату расширения I2C-интерфейса

В качестве источников альтернативной энергии в устройстве будут служить солнечная панель с параметрами максимальными напряжением 2В и током 0.1А, также будет использован небольшой ветрогенератор постоянного напряжения 2.5В и тока 0.01А. В качестве аккумуляторной батареи возьмем Ni-Mh-аккумулятор на 600 мАч, у которого напряжение полного заряда равно 1.25В, полного разряда – 0.9В. Подключение источников к аккумулятору и к ардуино происходит через делители напряжения с большим сопротивлением, для предотвращения разряда аккумулятора.



Рисунок 31 – Солнечная панель



Рисунок 32 - Аккумулятор

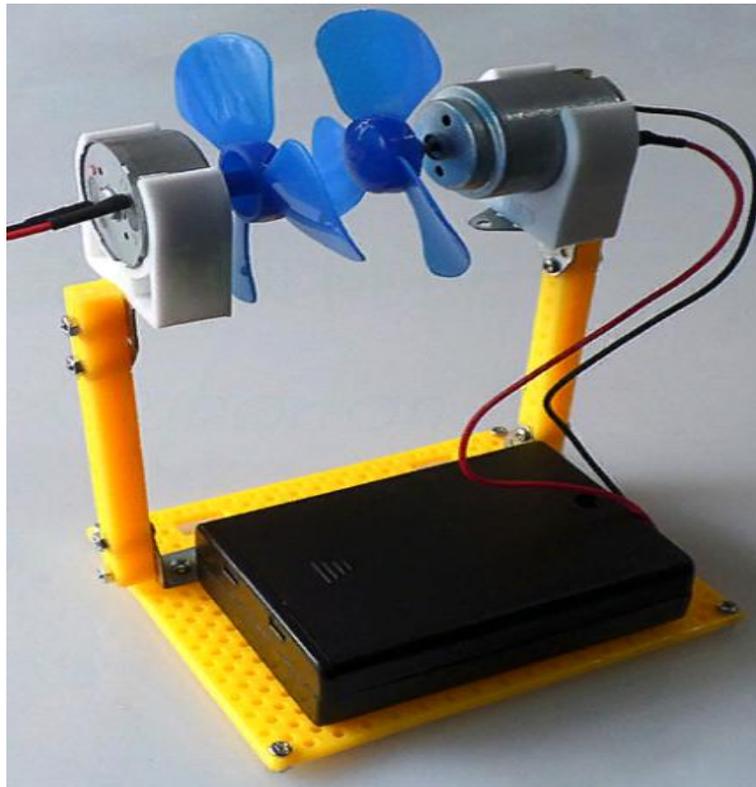


Рисунок 32 - Ветрогенератор

3.2 Разработка и создание конструкции и программы устройства

Для установки опорного напряжения на аналоговых входах Arduino на уровне 1.1В используем функцию «analogReference» и передадим на нее параметр «INTERNAL». Микроконтроллер на ATmega328 позволяет использовать требуемое нам значение опорного напряжения.

Для более точного и правильного определения уровня напряжения аккумулятора при помощи микроконтроллера Arduino возьмем его опорное напряжение для сравнения с напряжением от элемента питания – аккумулятора.

Однако величина опорного напряжения составляет 1.1 вольт, а максимальное напряжение Ni – Mh – аккумулятора — 1.25 вольта, минимальное напряжение, до которого не рекомендуется доводить данный тип аккумулятора, иначе это плохо скажется на дальнейшей его

работоспособности – 0.9 вольт. Чтобы измерить напряжение аккумулятора необходимо использовать простой делитель напряжения, который легко собрать с помощью двух резисторов. В нашем случае воспользуемся резисторами с сопротивлением в 10 кОм.

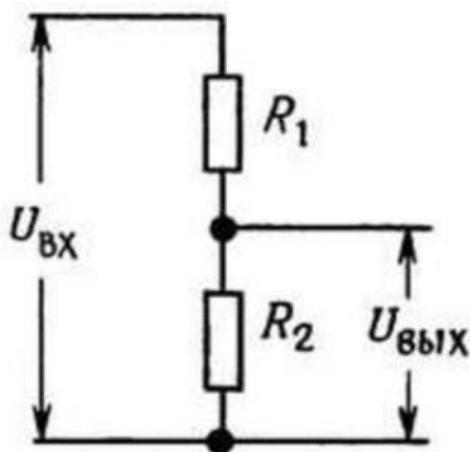


Рисунок 33 – Делитель напряжения



Рисунок 34 – Сравнение правильности вывода напряжения при помощи мультиметра

После написания программы для макета нашего устройства было



Рисунок 36 – Макет системы управления резервными источниками питания

Код программы представленного макета устройства:

```
// Определяем пин, используемый для подключения реле
#define PIN_RELAY1 4
#define PIN_RELAY2 7
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
// пин для считывания напряжения
int pin_read = A0;
// максимальный заряд аккумулятора
float max_v = 1.24;
```

```

// минимальный заряд аккумулятора
float min_v = 0.95;
void setup()
{
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  // установка опорного напряжения для аналоговых входов
  analogReference(INTERNAL);
  // вывод данных в монитор порта
  Serial.begin(9600);
  pinMode(A0, INPUT);
}
void loop()
{
  float Vbat = (analogRead(pin_read) * 1.1) / 1023;
  float del = 0.5; // R2/(R1+R2) 10кОм / (10 кОм + 10 кОм)
  float Vin = Vbat / del;
  // уровень заряда в процентах
  int proc = ((Vin - min_v) / (max_v - min_v)) * 100;
  // вывод данных в монитор порта
  if (Vin > max_v)
  {
    // убираем с помощью реле питание с батареи
    digitalWrite(PIN_RELAY1, LOW);
    digitalWrite(PIN_RELAY2, HIGH);
  }
  else if (Vin == min_v)
  {
    // убираем с помощью реле нагрузку с батареи

```

```
digitalWrite(PIN_RELAY1, HIGH);
digitalWrite(PIN_RELAY2, LOW);
}
else
{
digitalWrite(PIN_RELAY1, HIGH);
digitalWrite(PIN_RELAY2, HIGH);
}
lcd.clear();
Serial.print(Vin);
Serial.println(proc);
// Устанавливаем курсор на вторую строку и нулевой символ.
lcd.setCursor(0, 0);
// Выводим на экран количество секунд с момента запуска ардуины
lcd.print(proc);
delay(500);
}
```

Заключение

В ходе выполнения данной магистерской диссертации были проведены анализ самых основных и распространенных видов источников альтернативной энергии, разработка и создание программы, необходимой для работы макета устройства. Также была проведена отладка программы для микроконтроллера, чтобы реализовать систему управления резервным питанием на основе источников альтернативной энергии, таких как солнечная панель и ветрогенератор, практическое функционирование данного макета устройства с использованием микроконтроллера и нескольких управляющих элементов. Также были произведены расчеты потенциальной эффективности работы системы на основе реальных устройств, в ходе которых было выяснено, что целесообразность использования источников альтернативной энергии в системах резервного питания зависит только от самих потребителей электроэнергии, и от того, насколько они требовательны к качеству подаваемого напряжения и стоимости самих подключенных устройств.

Представленный макет устройства позволяет смоделировать предполагаемую работу системы управления и контроля над источниками питания на основе солнечной батареи и ветрогенератора с использованием аккумулятора.

С помощью макета представленного устройства возможно управление над вырабатываемой от альтернативных источников энергией, поступающей напрямую в аккумулятор, а также слежение за уровнем его заряда, не допуская его чрезмерный заряд или разряд при помощи отключения батареи от источников питания, либо от нагрузки потребителя. Для этого используется специальный многоканальный модуль реле, к контактам которого и подключены источники альтернативной энергии с аккумулятором. При достижении полного заряда происходит отключение

аккумулятора от источников его питания, когда достигается разряд – от нагрузки.

Поступление отладочной информации происходит посредством подключения микроконтроллера через USB-интерфейс к персональному компьютеру, основная информация выводится через жидкокристаллический дисплей для наглядности.

Список используемой литературы

1. Альтернативные источники энергии [Электронный ресурс]. URL: <https://alter220.ru/news/alternativnye-istochniki-energii.html> (дата обращения 10.06.2019).
2. Что такое солнечная энергия, и где она используется [Электронный ресурс]. URL: <https://aeteh.ru/energy/article/что-такое-солнечная-энергия> (дата обращения 10.06.2019).
3. Виды солнечных батарей [Электронный ресурс]. URL: <https://www.solnpanels.com/vidy-solnechnyh-batarej/> (дата обращения 10.06.2019).
4. Сравнительный обзор солнечных панелей для вашего дома [Электронный ресурс]. URL: <https://www.solnpanels.com/sravnitelnyj-obzor-solnechnyh-panelej-dlya-vashego-doma/> (дата обращения 10.06.2019).
5. Как выбрать солнечные батареи для дома [Электронный ресурс]. URL: <https://ecoliga.ua/kak-vybrat-solnechnye-batarei-dlya-doma/> (дата обращения 10.06.2019).
6. Полимерные солнечные батареи и их преимущества [Электронный ресурс]. URL: <http://solarb.ru/polimernye-solnechnye-batarei-i-ikh-preimushchestva> (дата обращения 10.06.2019).
7. Концентраторы солнечных лучей [Электронный ресурс]. URL: <http://savenergy.info/page/koncentratory-solnechnyh-luchej/> (дата обращения 10.06.2019).
8. Мощные ветрогенераторы: сравнительная характеристика [Электронный ресурс]. URL: <https://mirenergii.ru/energiyavetra/moshhnye-vetrogeneratory-sravnitelnaya-karakteristika.html> (дата обращения 10.06.2019).

9. Плюсы и минусы вертикальных ветрогенераторов, их виды и особенности [Электронный ресурс]. URL: <http://electricadom.com/plyusy-i-minusy-vertikalnykh-vetrogeneratorov-ikh-vidy-i-osobennosti.html> (дата обращения 10.06.2019).
10. Основные виды ветрогенераторов: вертикальные, горизонтальные [Электронный ресурс]. URL: <https://tcip.ru/blog/wind/osnovnye-vidy-vetrogeneratorov-vertikalnye-gorizontálne.html> (дата обращения 10.06.2019).
11. Ротор Дарье [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.alternative-energy.com.ua/vocabulary/ротор-дарье/> (дата обращения 10.06.2019).
12. Вертикальный ветрогенератор своими руками: как собрать ветряк с вертикальной осью вращения [Электронный ресурс]. URL: <https://sovet-ingenera.com/eco-energy/generators/vertikalnyj-vetrogenerator-svoimi-rukami.html> (дата обращения 10.06.2019).
13. Ветрогенератор парусный [Электронный ресурс]. URL: <https://avtonomny-dom.ru/vetrogeneratoryi/vetrogenerator-parusnyiy.html> (дата обращения 10.06.2019).
14. Резервное питание частного дома от аккумулятора [Электронный ресурс]. URL: <https://avtonomny-dom.ru/?p=32> (дата обращения 10.06.2019).
15. Резервное питание для загородного дома (дачи) [Электронный ресурс]. URL: <https://home-matic.ru/2017/04/rezervnoe-pitaniya-dlya-dachi/> (дата обращения 10.06.2019).
16. Smart Home Energy Management System Including Renewable Energy Based on ZigBee and PLC, 2016, Lalit Modi, Kuldeep Singh Dhakar, Lakshman Ram, Sangeeta DebBarman [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/263894836_Smart_Home_Energy_Management_System_Including_Renewable_Energy_Based_on_ZigBee_and_PLC (дата обращения 10.06.2019).

17. A smart home system based on sensor technology, 2016, Boban Davidović, Aleksandra Labus [Электронный ресурс]. URL: <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0353-3670/2016/0353-36701603451D.pdf> (дата обращения 10.06.2019).
18. Application of DC-AC Hybrid Grid and Solar Photovoltaic Generation with Battery Storage Using Smart Grid, 2017, Shoaib Rauf, Nasrullah Khan [Электронный ресурс]. URL: <https://www.hindawi.com/journals/ijp/2017/6736928/> (дата обращения 10.06.2019).
19. Providing energy management of a fuel cell battery wind turbine solar panel hybrid off grid smart home system, 2017, Fatma Keskin Arabul, Ahmet Yigit Arabul, Celal Fadil Kumru, Ali Rifat Boynuegri [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/284028650_PROVIDING_ENERGY_MANAGEMENT_OF_A_FUEL_CELL-BATTERY_HYBRID_ELECTRIC_VEHICLE (дата обращения 10.06.2019).
20. Митрофанов С.В. Переносная солнечная электростанция с автономной системой слежения за солнцем // С.В. Митрофанов, А.Ю. Немальцев. Труды VII всероссийской научно-технической конференции «Энергетика: состояние, проблемы, перспективы» Оренбург, 21-23 октября 2014. с. 40-44.
21. Значение солнечной инсоляции в г. Самара (Самарская область) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.betaenergy.ru/insolation/samara/> (дата обращения 10.06.2019).
22. Ветра в Самарской области [Электронный ресурс]. URL: <http://energywind.ru/recomendacii/karta-rossii/povolzhe/samarskaya-oblast> (дата обращения 10.06.2019).

23. Значение направления и скорости ветра в г. Самара (Самарская область) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.betaenergy.ru/windspeed/samara/> (дата обращения 10.06.2019).
24. Ветрогенераторы в России: как выбрать, смонтировать и избежать разочарования [Электронный ресурс]. URL: <http://elektrik.info/main/energy/878-vetrogenerator-v-rossii-kak-vybrat.html> (дата обращения 10.06.2019).
25. Эффективность КПД ветрогенератора: способы увеличения, конструкция и рабочие характеристики ветряка [Электронный ресурс]. URL: <https://energo.house/veter/kpd-vetrogeneratora.html> (дата обращения 10.06.2019).
26. Ветрогенератор Exmork 1.5 кВт, 24 в [Электронный ресурс]. URL: <https://inventory.ru/product/vetrogenerator-exmork-15-kvt-24-volta/> (дата обращения 10.06.2019).
27. Информация о солнце в Самаре, Россия [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.365.wiki/world/russia/samara/sun/> (дата обращения 10.06.2019).
28. Погода в Самаре [Электронный ресурс]. URL: <http://weatherarchive.ru/Pogoda/Samara> (дата обращения 10.06.2019).
29. Graphene-Enhanced Thermal Interface Materials for Thermal Management of Photovoltaic Solar Cells, 2016, M. Saadah, D. Gamalath, E. Hernandez and A.A. Balandin [Электронный ресурс]. URL: <https://scirate.com/arxiv/1610.01726> (дата обращения 10.06.2019).
30. Arduino – Home [Электронный ресурс]. URL: <https://www.arduino.cc/index.php> (дата обращения 10.06.2019).