

ВВЕДЕНИЕ

Каждый из нас не раз сталкивался с внезапными отключениями электроэнергии, скачками напряжения в сети, выводящими из строя дорогостоящие электроприборы. Альтернативные источники энергии позволят забыть обо всех неприятностях, связанных с перебоями в электроснабжении. Если еще несколько лет назад, из-за высокой стоимости, такие энергосистемы являлись в нашей стране штучным товаром, то прорыв в начале 21 века в технологиях альтернативных возобновляемых источников энергии и, прежде всего, солнечной, значительно повысил доступность систем экологичной энергии. Собственное независимое электроснабжение, без перебоев, шума и загрязнений окружающей среды – вот неполный перечень преимуществ собственных систем, работающих на возобновляемых источниках энергии. Стоимость установки всех «зеленых» систем электроснабжения пока еще довольно высока, но со временем окупается (в зависимости от местных условий), что послужило одной из причин растущей популярности альтернативных систем энергообеспечения. Разумеется, незнакомые широкому потребителю технологии, отечественное производство, не приспособленное к выпуску компонентов систем достаточного качества и, как следствие, вынужденное использование импортной, более дорогой продукции, тормозят распространение альтернативной, в том числе и солнечной, энергетики в различных регионах России.

Ключевым фактором в данной работе является проблема электроснабжения удаленного от центральных энергосетей объекта, решить ее возможно с использованием солнечной энергии и энергии ветра.

Глава 1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

1.1 Анализ и оценка современного состояния использования возобновляемых источников энергии в автодомах

Объектом электроснабжения является дом на колесах – это тип транспорта, являющийся одновременно жильем и средством передвижения. Свою популярность подобного рода жилье обрело в начале прошлого века. Изначально дома на колесах представляли собой небольшие фургоны, оборудованные для проживания людей. Первый дом на колесах, установленный на обычное автомобильное шасси, был представлен в 1938 году компанией “Дженнингс”. [1]

По сути, мобильный дом на колесах – это задуманный, а затем сконструированный и разработанный дом, для проживания в нем одного или нескольких человек в условиях максимального комфорта.

Несомненными преимуществами такого сооружения являются:

- оно занимает на участке минимум пространства;
- специального или сложного ухода за ним не требуется;
- оно может эксплуатироваться не только на даче.

На нем удобно путешествовать, чтобы не искать временный ночлег и не тратить на него деньги: всё необходимое имущество всегда будет у вас под руками. В западных странах путешествия с собственным домом – это широко распространенная практика. Наши сограждане ещё только начинают осваивать такой способ туризма. Но, учитывая бескрайние просторы нашей родины и её красоты, можно предположить, что популярность мобильных конструкций год от года будет только расти. [1]

С развитием научной мысли и техники расширяется и ассортимент мобильных домов. Разные модели отличаются друг от друга не только

габаритами, но и технической оснащённостью, качеством внутренней отделки.

Без электричества в современном автодоме не обойтись. Даже самые небольшие и недорогие автодома оборудуют освещением, холодильниками, плитами, телевизором, и т. д. Чаще всего встроенные низковольтные устройства и приборы автодома питаются от отдельной бортовой сети 12 (или 24В), с накопительной аккумуляторной батареей. Так же в автодомах часто применяются бытовые приборы, рассчитанные на переменное напряжение 220В. Такие приборы подключают в розетки своей отдельной сети, соединяемой через внешний разъем автодома к 220-вольтовой бытовой сети стационарных объектов во время стоянки. Как вариант, так же во время стоянки может производить переменное напряжение 220В выносной, или встраиваемый в автодом топливный генератор. В каждом случае можно так же параллельно подзаряжать бортовые аккумуляторные батареи с помощью зарядного устройства как от внешней сети 220В, так и от генератора с выходом 220В. И наконец, третья сеть, отдельная от двух первых, объединяет электрооборудование для запуска двигателя и работы самого автомобиля, питающееся от стартерного аккумулятора автодома. Стартерная аккумуляторная батарея так же может подключаться к зарядному устройству бортовой АКБ во время стоянок, питания от внешнего генератора. А бортовая аккумуляторная батарея, в свою очередь, может заряжаться от стартер-генератора, соединенного с двигателем автодома. В каждую из сетей автодома так же входят устройства защиты – предохранительные цепи и реле. В поездке, на стоянке, кроме внешнего генератора и генератора автомобиля, вырабатывать ток для заряда бортовой АКБ могут солнечные батареи, а так же ветрогенератор. [1]

Автотуризм и автомобильные путешествия сейчас очень популярны среди владельцев транспортных средств. Развивается новое направление отдыха, путешествия в доме на колесах.

Караванинг очень популярен в США и Европе, обретает все больше своих поклонников у нас. Ведь мобильность и комфорт, которую дает автодом, позволяет планировать маршрут и отдых по собственному усмотрению, не быть привязанным к гостиницам и турагентам, останавливаться с комфортом и удобствами в самых красивых и живописных местах природы.

В данной работе обращается внимание на солнечную энергию и энергию ветра. В настоящее время возобновляемая энергетика динамично развивается с технологических и экономических позиций и внедряется по всему миру. Достоинства такого вида энергии очевидны: солнечный свет и ветер как энергоноситель – доступен в любой точке земного шара. Технологии его преобразования в электрическую энергию были изучены еще в конце прошлого века и все время модернизируются и удешевляются, а также срок службы и простота эксплуатации позволяют использовать солнечные и ветровые установки даже в локальных масштабах.

Любая автономная система, работает независимо от сети централизованного энергоснабжения. В этих условиях ВЭУ может функционировать самостоятельно, использоваться как дублер любого другого генератора или применяться в сочетании с другими энергетическими установками в качестве компонента комбинированной системы энергоснабжения. Такие системы используются для электроснабжения домов, ферм или производственных помещений малых предприятий. [1]

Как правило, маломощные автономные ВЭУ генерируют постоянный ток для заряда АБ. Система содержит инвертор для преобразования постоянного тока в переменный с напряжением 230 В. В настоящее время, в России разработаны и используются опытные образцы ВЭУ мощностью 2,5; 5; 8 и 10 кВт. Более мощные системы, используемые, например, для электроснабжения нескольких объектов, обычно генерируют переменный

ток. Приоритетным направлением развития ветроэнергетики в России на ближайшее время будет автономное использование малых и средних ВЭУ.

Оптимальной является работа топливного генератора в качестве резерва в комбинированной системе электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии. Таким образом, ветроустановка (или СЭ) работает при наличии ветра (ясной погоды), заряжая аккумуляторы или выдавая мощность потребителю. Как только ветроустановка (СЭ) перестает выдавать необходимую мощность, включается дизель-генератор и восполняет недостаток. Такая схема электроснабжения имеет ряд преимуществ:

- надежность системы электроснабжения
- экологичность
- бесшумность (дизель-генератор включается в то время, когда Вам это удобно и работает незначительное время)

Стимулом к применению автономных источников в автотуризме, является невозможность использования традиционных систем электроснабжения на отдаленных расстояниях, решить это возможно при использовании солнечной энергии и энергии ветра.

На рисунках ниже представлен объект электроснабжения ГАЗель Некст, спроектированный по зарубежному аналогу Adria Twin 500:



Рисунок 1- Внешний вид Adria Twin 500



Рисунок 2-Внешний вид ГАЗ Некст

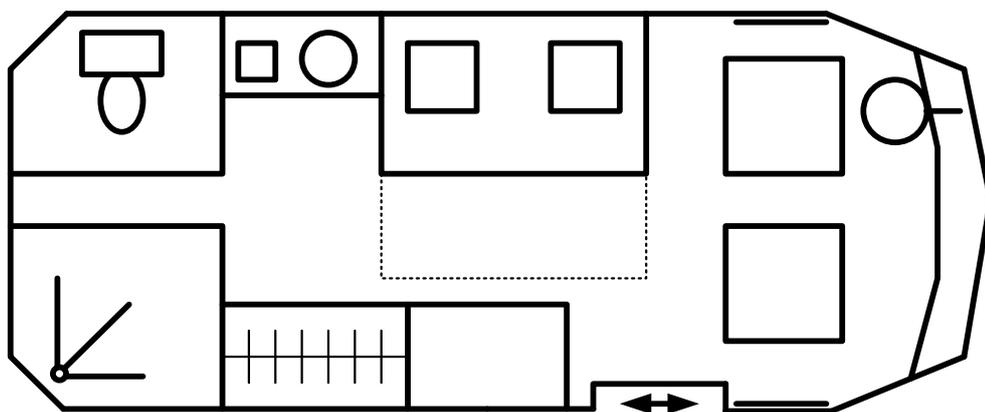


Рисунок 3 - Планировка жилого отсека ГАЗ Некст

Таблица 1- Характеристики автодома

Длина, мм	5630
Ширина, мм	2050
Кол-во мест (вкл. водителя)	4
Спальных мест	2
Высота, мм	2140
Площадь жилого отсека, м ²	10

Вывод: В роли объекта электроснабжения выступает отечественный автомобиль ГАЗель Некст, спроектированный по зарубежному дому на колесах Adria Twin 500. Дом на колесах будет предназначен, для автотуризма. Автодом имеет все необходимое цивилизованному человеку электрооборудования.

1.2 Общие географические и климатические сведения для эксплуатации

Рассмотрим основные особенности объекта, для определения наиболее приемлемых вариантов электроснабжения. Объект электроснабжения будет находиться в районе Горно-Алтайска, город на юге Западной Сибири, столица и единственный город Республики Алтай. [3]

Горно-Алтайск расположен в северо-западной части Алтайский гор в межгорной котловине в окружении невысоких гор на высоте 270 — 305 м. над уровнем моря, в месте слияния рек Улалушки и Маймы, которые

впадают в реку Катунь примерно в 250 километрах к северу от горы Белухи, высшей точки Алтая и Сибири. Город расположен, можно сказать, в яме. Ветра нет, и циркуляция воздуха небольшая. То есть смог, и дым частенько зависают над городом не на один день.

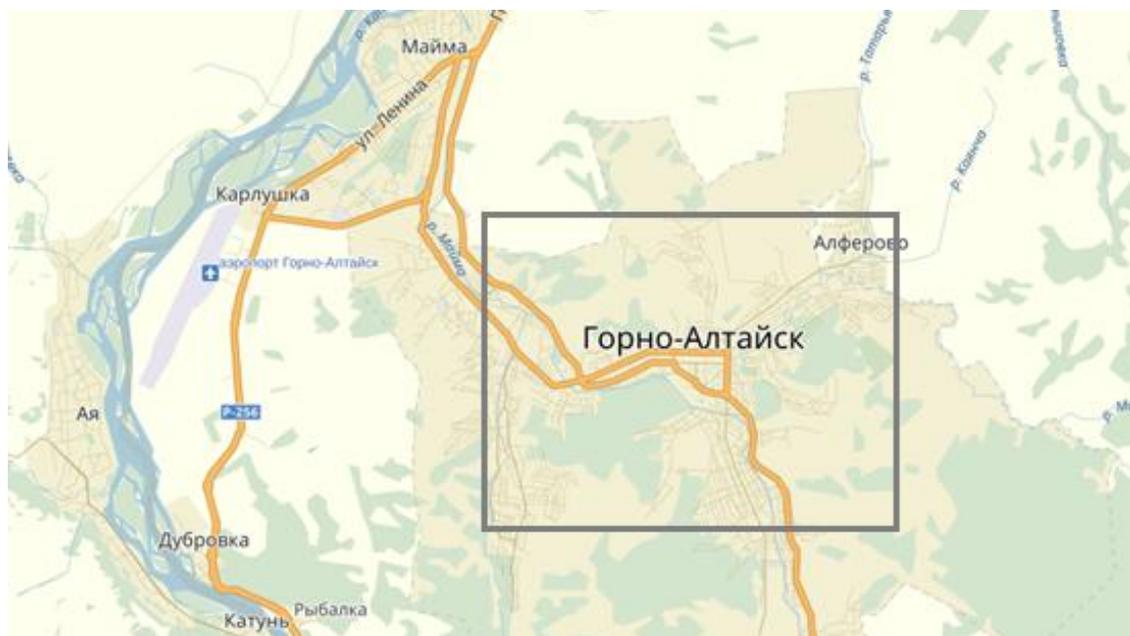


Рисунок 4 - Расположение на карте

Хороший сезон для поездки на Алтай — с мая по сентябрь. Зима здесь длится с ноября по апрель и только в мае в горах начинается настоящая весна. На майские праздники может быть еще прохладно, зато реки будут полноводны и водопады предстанут во всей своей красе. Теплее всего на Алтае в июле, но в это время и больше всего дождей. В сентябре уже учащаются заморозки, и в горах может быть неуютно.

Климат континентальный. Летом температура может варьироваться от +13..+20 до +30..+35 °С. Так же случаются большие суточные амплитуды температуры. Пик гроз приходится на июль, в августе он резко спадает. [3]

- Абсолютный максимум температуры: +40,3°С
- Абсолютный минимум температуры: -48,6°С.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

- анализ существующих типов и характеристик генерирующего оборудования, представленного в виде солнечных батарей, ВИЭ и дизельных генераторов;
- выбор необходимого типа, мощности и количества источников электроэнергии;
- разработка схемы электроснабжения;
- оценка объёмов экономии топлива, возникающей при применении гибридной электростанции;
- оценка экономической эффективности внедрения солнечных источников электроэнергии. [3]

1.3 Современное состояние аппаратуры

1.3.1 Типы солнечных батарей, их характеристики

Сегодня на рынке солнечных модулей представлено несколько различных образцов. Отличаются они друг от друга технологией изготовления и материалами, из которых их производят. На рисунке ниже приведена классификация солнечных батарей. [4]

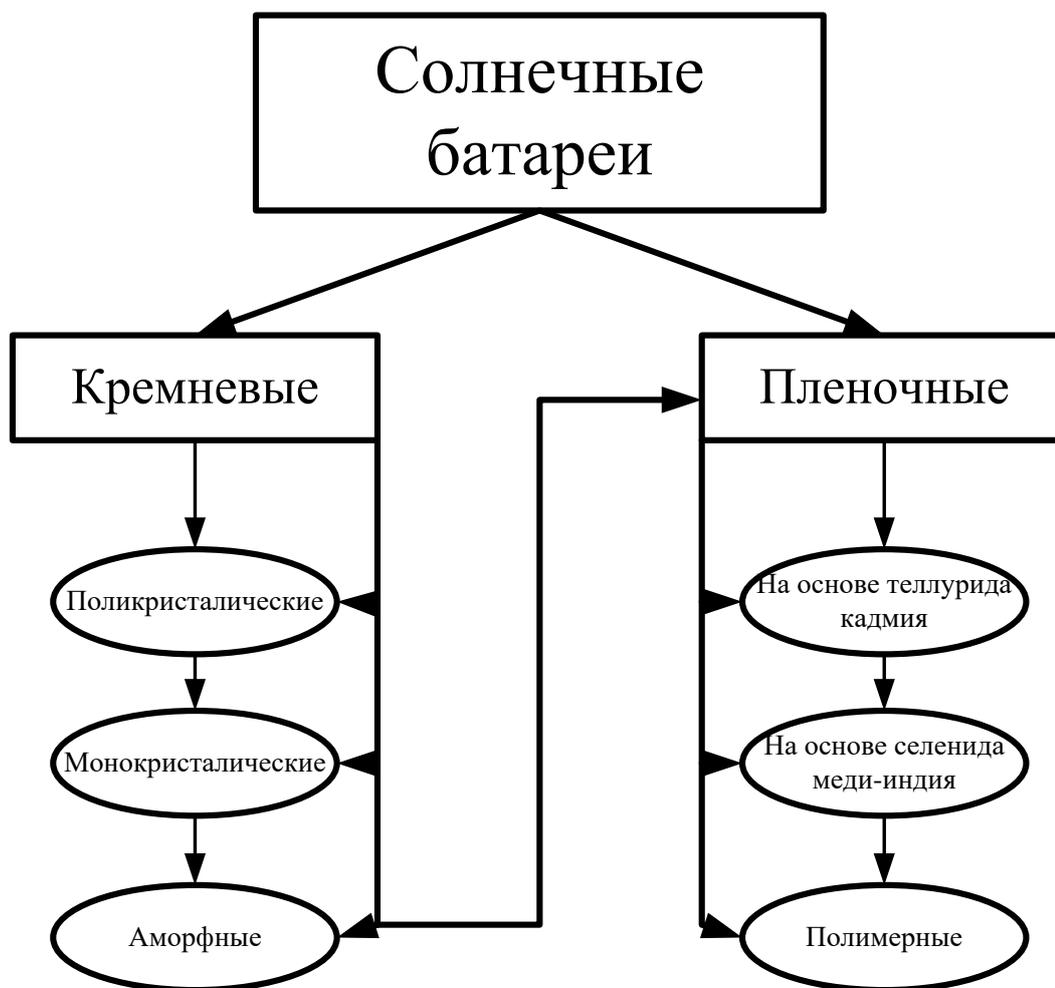


Рисунок 5 - Классификация солнечных батарей

Солнечные батареи на основе кремния

Батареи, основой которым служит кремний, на сегодняшний день являются самыми популярными. Объясняется это широким распространением кремния в земной коре, его относительной дешевизной и высоким показателем производительности, в сравнении с другими видами солнечных батарей. Как видно из рисунка выше кремниевые батареи производят из моно- и поликристаллов Si и аморфного кремния. [4]

Монокристаллические солнечные батареи представляют собой силиконовые ячейки, объединенные между собой. Для их изготовления используют максимально чистый кремний, получаемый по методу Чохральского. После затвердевания готовый монокристалл разрезают на

тонкие пластины толщиной 250-300 мкм, которые пронизывают сеткой из металлических электродов (рис. нарезка). Используемая технология является сравнительно дорогостоящей, поэтому и стоят монокристаллические батареи дороже, чем поликристаллические или аморфные. Выбирают данный вид солнечных батарей за высокий показатель КПД (порядка 17-22%). [4]



Рисунок 6 - Монокристаллическая солнечная батарея

Для получения поликристаллов кремниевый расплав подвергается медленному охлаждению. Такая технология требует меньших энергозатрат, следовательно, и себестоимость кремния, полученного с ее помощью меньше. Единственный минус: поликристаллические солнечные батареи имеют более низкий КПД (12-18%), чем их моно «конкурент». Причина заключается в том, что внутри поликристалла образуются области с зернистыми границами, которые и приводят к уменьшению эффективности элементов. [4]



Рисунок 7 - Монокристаллические солнечные батареи

В таблице 2 приведены основные различия между моно и поли солнечными элементами.

Таблица 2 - Различия между моно и поли солнечными элементами

Показатель	Моно элементы	Поли элементы
Кристаллическая структура	Зерна кристалла параллельны. Кристаллы ориентированы в одну сторону.	Зерна кристалла не параллельны. Кристаллы ориентированы в разные стороны.
Температура производства	1400°C	800-1000°C
Цвет	Черный	Темно-синий
Стабильность	Высокая	Меньше, чем у моно
Период окупаемости	2 года	2-3 года
Цена	Высокая	Меньше, чем у моно

Батареи из аморфного кремния

Если проводить деление в зависимости от используемого материала, то аморфные батареи относятся к кремниевым, а если в зависимости от технологии производства – к пленочным. В случае изготовления аморфных

панелей, используется не кристаллический кремний, а силан или кремневодород, который тонким слоем наносится на материал подложки. КПД таких батарей составляет всего 5-6%, у них очень низкий показатель эффективности, но, несмотря на эти недостатки, они имеют и ряд достоинств:

- Показатель оптического поглощения в 20 раз выше, чем у поли- и монокристаллов
- Толщина элементов меньше 1 мкм
- В сравнении с поли- и монокристаллами имеет более высокую производительность при пасмурной погоде
- Повышенная гибкость

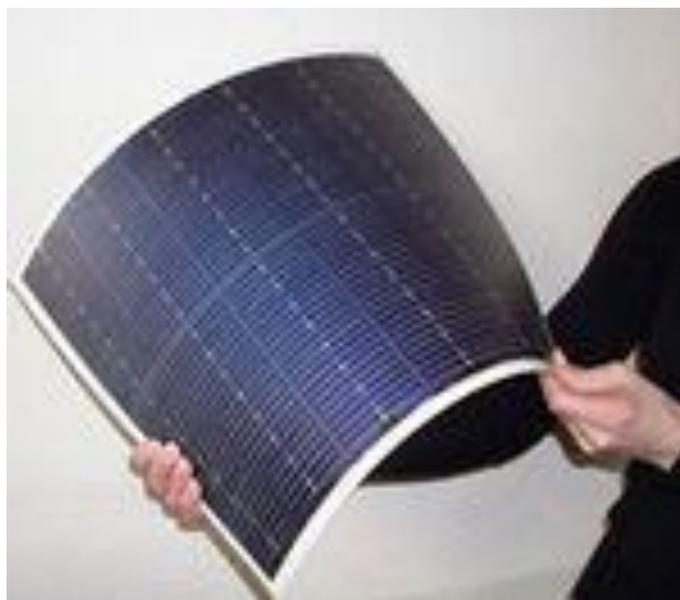


Рисунок 8 – Пленочный солнечный модуль

Помимо описанных выше видов кремниевых солнечных батарей, существуют и их гибриды. Так для большей стабильности элементов используют двухфазный материал, представляющий собой аморфный кремний с включениями нано- или микрокристаллов. По свойствам полученный материал сходен с поликристаллическим кремнием. [4]

Разработка пленочных батарей обусловлена:

1. Потребностями в снижении стоимости солнечных батарей.
2. Необходимостью в улучшении производительности и технических характеристик. [4]

На основе CdTe

Исследования теллурида кадмия, как светопоглощающего материала для солнечных батарей начались еще в 70-х годах. В то время его рассматривали как один из оптимальных вариантов для использования в космосе, сегодня же батареи на основе CdTe являются одними из самых перспективных в земной солнечной энергетике. Так как кадмий является кумулятивным ядом, то дискуссии возникают лишь по одному вопросу: токсичен или нет? Но исследования показывают, что уровень кадмия, высвобождаемого в атмосферу, ничтожно мал, и опасаться его вреда не стоит. Значение КПД составляет порядка 11%. Согласитесь, цифра небольшая, зато стоимость ватта мощности таких батарей на 20-30% меньше, чем у кремниевых. [4]

На основе селенида меди-индия

Как понятно из названия, в качестве полупроводников используются медь, индий и селен, иногда некоторые элементы индия замещают галлием. Такая практика объясняется тем, что большая часть производящегося на сегодня индия требуется для производства плоских мониторов. Именно поэтому с целью экономии индий замещают на галлий, который обладает схожими свойствами. Пленочные солнечные батареи на основе селенида меди-индия имеют КПД равный 15-20%. Следует иметь в виду, что без использования галлия эффективность солнечных батарей возрастает примерно на 14%. [4]

На основе полимеров

Разработка данного вида батарей началась сравнительно недавно. В качестве светопоглощающих материалов используются органические полупроводники, такие как полифенилен, углеродные фуллерены, фталоцианин меди и другие. Толщина пленок составляет 100 нм. Полимерные солнечные батареи имеют на сегодняшний день КПД всего 5-6%. Но их главными достоинствами считаются:

- Низкая стоимость производства.
- Легкость и доступность.
- Отсутствие вредного воздействия на окружающую среду.

Применяются полимерные батареи в областях, где наибольшее значение имеет механическая эластичность и экологичность утилизации. В таблице 3 приведены обобщенные данные о КПД разных видов солнечных батарей. [4]

Таблица 3 - Обобщенные данные о КПД разных видов солнечных батарей

Моно	17-22%
Поли	12-18%
Аморфные	5-6%
На основе теллурида кадмия	10-12%
На основе селенида меди-индия	15-20%
На основе полимеров	5-6%

Солнечные панели для автономного электроснабжения автодома

При запланированных длительных путешествиях на автономном электроснабжении со стоянкой вне автокемпингов и других мест с возможностью заряда бортовых аккумуляторов от внешней сети 220В, путешественнику стоит заранее позаботиться о использовании энергосберегающего оборудования в своем передвижном жилье. А дополнительные устройства генерации энергии – солнечные батареи и компактный ветрогенератор позволят отдыхать комфортно и без проблемно, не слыша тарахтения топливного генератора и не заботясь о разных мелочах, с ним связанных. Ведь современные солнечные батареи могут достаточно эффективно обеспечить энергией практически всю бытовую технику и приборы, применяемые в автодомах. Многие ошибочно полагают, что такие системы дорогие и не надежные, дают мало энергии и совершенно не практичны. Но это абсолютно не так – опыт показывает, что даже небольшие солнечные панели в несколько десятков ватт мощности обеспечивают энергией освещение автодома, зарядку моб. устройств, работу мини телевизора. Более мощные панели вполне справятся с питанием компрессорного мини холодильника, освещения, TV, и к тому же легко поместятся на крышу даже небольшого автодома. Высокой эффективности их использования способствует осуществление большинства автопутешествий преимущественно в весенне-летний период года, когда максимальна солнечная активность. Но даже в межсезонье, или зимний период, когда минимум солнечной инсоляции, грамотно сконфигурированные системы электроснабжения на солнечных модулях позволяют постоянно держать подзаряженными бортовые аккумуляторные батареи автодомов. Стоимость солнечных батарей постоянно снижается, на фоне роста стоимости топлива, делая их прекрасной альтернативой последнему. Использование солнечных панелей дает возможность минимизировать запуск внешнего топливного генератора на 220В, или даже

вообще отказаться от него, что только добавит комфорта и удобств. Ведь применение инвертеров-преобразователей напряжения с выходом 220В решит вопрос питания высоковольтного оборудования и техники, а солнечные батареи произведут необходимое количество энергии для ее работы. [4]

1.3.2 Виды ветрогенераторов, их характеристики

Комплекс автономной ветряной электростанции включает в себя лопастную, либо карусельную ветротурбину, поднятой на мачту, а также электрогенератор, расположенный в гондоле или в основании мачты. Вырабатываемая электроэнергия идет на зарядку аккумуляторов через специальный контроллер заряда, затем инвертор преобразует напряжение из постоянного 12 или 24 вольт в переменные 220 вольт и питает сеть потребителей. [5]

Чем выше мачта ветрогенератора, тем более эффективна его работа – на поверхности земли много препятствий, непроницаемых для ветров и поэтому влияющих на их скорость. Контроллер служит как для преобразования переменного тока, полученного электрогенератором, в постоянный, поступающий к аккумуляторам, так и для управления работой ветровой турбины. Он следит за скоростью вращения лопастей, активируя их торможение при высокой силе ветра, иначе повышенное напряжение сожжет аккумуляторные батареи. Система аккумуляторных батарей снабжает потребителей электроэнергией во время безветрия, а также стабилизирует напряжение на выходе из генератора – его значение зависит от скорости ветров и не может быть постоянным.

Принцип работы ветряных электростанций схож с их прототипами, веками, служившими в качестве мельниц и насосов – сила ветра вращает колесо-ротор, снабженное лопастями (крыльями), крутящий момент передается на основной рабочий механизм. Скорость вращения при этом

зависит от диаметра лопастного колеса – чем он больше, тем лучше захватывает воздушные потоки. [5]

По числу крыльев ветряки делятся на модели, оснащенные одной-тремя лопастями и многолопастные. На первый взгляд роторы с большим числом крыльев (лопастей) обладают большим преимуществом, ведь для их вращения достаточно небольшой силы ветра. Но для выработки электроэнергии необходимо не просто вращение, а постоянное и определенное число оборотов. Чем больше лопастей, тем выше сопротивление ветряка воздушному потоку, а значит, необходима более высокая скорость ветра, чтобы достичь требуемых оборотов ротора в электрогенераторе.

Многолопастные ветрогенераторы эффективны, если речь идет о перекачке воды – т.е. присутствует вращение, как таковое, а в производстве электроэнергии они проигрывают роторам с малым числом лопастей.

Лопастя колес ветрогенераторов выполняются либо жесткими (металлическими, деревянными, стеклопластиковыми и т.д.), либо парусными (тканевыми). Последние дешевле, однако, изнашиваются за крайне короткий срок эксплуатации – при 3-х метровом диаметре ветряного колеса и 400 оборотах электрогенератора, скорость вращения на конце лопастей достигает 500 км/ч. Учитывая частицы пыли, взвешенные в воздухе, износ материала крыльев ротора будет значительным. Поэтому металлические и стеклопластиковые лопасти значительно надежнее, чем тканевые. [5]

Шаг ротора, в зависимости от модели ветряка, может быть фиксированным либо изменяемым. Во втором случае достигается более широкий диапазон рабочих скоростей, что стабилизирует выработку электроэнергии при различной силе ветра. Но ветрогенераторы с изменяемым шагом ветряного колеса необходимо оснащать лопастями аэродинамической сложной конструкции, что негативно влияет на

надежность ветряка и увеличивает вес ротора. Кроме того, возрастает стоимость агрегата.

Наиболее популярными типами ветрогенераторов являются модели с горизонтально-осевыми и с вертикально-осевыми роторами. [5]

Горизонтальные ветрогенераторы – виды и описание



Рисунок 9 – Горизонтальный ветрогенератор

Считаются ветровыми электростанциями традиционного построения, конструкционно являются лопастным механизмом, вращающимся по горизонтальной оси. Наибольшая скорость вращения достигается при перпендикулярном положении лопастей по отношению к воздушному потоку. Чтобы всегда держаться против ветра, независимо от его географического направления, малые ветряки комплектуются вертикальным крылом, размещенным за гондолой. Маломощные ветрогенераторы крыльчатого типа не оснащены мультипликатором – крутящий момент передается к генератору напрямую. [5]

Эффективность горизонтальных ветровых электростанций выше, чем у моделей других видов. Два или три горизонтальных винта (крыла) способны работать с коэффициентом использования ветровой энергии на уровне 30% не требуя точной калибровки.

Крыльчатые ветрогенераторы могут быть однолопастными, двух или трехлопастными, а также многолопастными (т.е. иметь более трех крыльев).

Колесо однолопастных ветряков комплектуется одним крылом и противовесом, служащим для балансировки. Низкий момент инерции обеспечивает таким моделям ветрогенераторов максимально высокую скорость вращения. В свою очередь скорость делает возможным комплектовать однолопастники синхронными генераторами с прямым приводом, обладающими меньшими размерами и массой, чем асинхронные генераторы равной мощности. В перечень достоинств однолопастных ветровых электрогенераторов входит их более низкая стоимость из-за меньшего, по сравнению с другими крыльчатыми моделями, числа лопастей.

Четное число лопастей у двукрылых ветряков позволяет им самостоятельно выравниваться, занимая строго горизонтальное положение. Самовыравнивание лопастей делает такой ротор незаменимым при частых подъемах и спусках мачты, удерживающей его гондолу. Две лопасти весят меньше и стоят дешевле, чем три или большее их количество, поэтому спрос на двукрылые ветрогенераторы малой и средней мощности достаточно стабилен. Трехлопастные ветрогенераторы популярны более других – большинство домовладельцев, намеренных решить проблему автономного электроснабжения с помощью ветряка, ищут именно такие модели. Производятся как маломощные трехлопастники, так и агрегаты максимальной производительности в сфере ветроэнергетики – мощностью в 7 МВт. [5]

Ветровые электроустановки, оснащенные многолопастным ротором, являются высокоинерционными – их скорость вращения невелика, однако крутящий момент выше, чем у крыльчатых ветрогенераторов с меньшим числом лопастей. В качестве электрогенераторов они малоэффективны, но идеально подходят в качестве насосных систем.

Типы вертикальных ветрогенераторов

Карусельные ветряки не нуждаются в регулировки положения по отношению к ветру – исправно работают при любом его направлении. Если ветер крепчает, то ветрогенераторы увеличивают силу тяги при помощи тормозной системы, удерживая обороты на оптимальном уровне. Роторы такого типа не вращаются с большой скоростью, поскольку это неизбежно повредит вертикально установленный приводной вал, передающий крутящий момент на многоплюсный электрогенератор. Коэффициент использования энергии ветра у карусельных ветрогенераторов составляет не более 20%. Причины малой эффективности связаны с малой площадью колеса, взаимодействующего с ветрами, а также с потребностью в кропотливой настройке системы торможения.

Наиболее популярны пять типов вертикальных роторов – Дарье и Савониуса, вертикально-осевые, геликоидные (роторы Горлова) и многолопастные. [5]



Рисунок 10 – Вертикальный ветрогенератор

Ортогональный ротор Дарье назван в честь своего создателя, французского инженера Жоржа Дарье, продемонстрировавшего свое изобретение в 1931 году. Его колесо оснащено двумя, иногда тремя лопастями, выполненными в виде плоских овалов. Ветрогенераторы Дарье самостоятельно ориентируются на ветер, в их конструкции приводной вал находится возле поверхности земли, его гораздо проще обслуживать по сравнению с вертикальными роторами других типов. В числе их недостатков относительно недолгая службы опорных узлов (из-за значительных динамических нагрузок от ротора), неспособность запускаться самостоятельно (особенно при равномерной скорости ветра), сложное производство (профиль лопастей должен быть строго выдержан), высокая шумность во время работы. [5]

Ротор с лопастями, выполненными из разрезанных пополам цилиндров, в 1922 году изобрел финский инженер Сигурд Йоханнес Савониус. Конструкция ротора Савониуса проста, он легко начинает вращение даже при малых скоростях ветра (от 3-х м/с), обладая высоким крутящим моментом при пуске. Такой ветрогенератор надежен, его производство обходится недорого, но добиться высокой производительности от ротора Савониуса невозможно. Поэтому такие роторы используются в конструкции ветровых установок мощностью до 5 кВт и для разгона ветрогенераторов, оснащенных в качестве основного ротором Дарье.

Ветряки с вертикально-осевым ротором имеют несколько (более двух) лопастей, расположенных вертикально к земле и параллельно по отношению к осевой мачте. Их достоинства и недостатки близки к аналогичным характеристикам ветрогенераторов с ротором Дарье, т.к. вертикально-осевая ветротурбина – модификация изобретения французского инженера. Такой ветряк способен развивать высокую скорость при вращении, его шумность ниже, чем у прототипа. Вертикально-осевой ротор устроен проще и более надежен во время эксплуатации, чем модель Дарье.

Геликоидный ротор разработан в 2001 г. профессором Александром Горловым, возглавляющим лабораторию гидропневматики в бостонском Северо-восточном университете (штат Массачусетс, США). Представляет собой модификацию вертикально-осевого ротора – лопасти изогнуты по диагонали, благодаря чему колесо вращается равномерно и на опорные узлы воздействуют меньшие динамические нагрузки. Ротор Горлова вращается быстро, его КПД близок к крыльчатым ветрогенераторам. Недостатки: высокая стоимость производства из-за сложной конструкции лопастей; значительная шумность во время работы, возникновение инфразвука (частота до 8 Гц).

Конструкция многолопастного ветрогенератора базируется на вертикально-осевом роторе. Имеют два ряда лопастей – внешний и внутренний. Внешние лопасти закреплены жестко и не вращаются, они предназначены для захвата, сжатия и направления под определенным углом ветрового потока на крылья внутреннего ряда, размещенные на роторе.

Многолопастные ветрогенераторы достаточно эффективны, хорошо работают при слабых ветрах. К их недостаткам относятся высокая стоимость – профилированные лопасти недешевы – и значительный уровень шума при работе. [5]

Достоинства ветрогенераторов:

- полная безопасность для окружающей среды. Выработка электроэнергии с использованием силы ветров не сопровождается какими-либо вредными выбросами или отходами;
- возобновляемый источник первичной энергии, не требующий затрат на добычу и доставку к электростанции;
- площади, занятые ветроэлектростанцией, можно использовать в сельском хозяйстве;

- ветрогенераторы устанавливаются непосредственно вблизи потребителей, соответственно, расходы на транспортировку электроэнергии минимальны;
- затраты на производство электроэнергии не зависят от изменчивости цен на традиционные энергоносители;
- быстрый монтаж ветряной электростанции, отсутствие сложностей в обслуживании, низкие эксплуатационные расходы.

Недостатки ветрогенераторов:

- значительная стоимость ветрогенераторов;
- нестабильная производительность электроэнергии – в безветрие или при слабом ветре ветряк бесполезен;
- высокий уровень шума при работе;
- влияние на качество приема радио и телесигналов;
- создают угрозу для летящих птиц;
- снижают эстетику ландшафта.

По большому счету, главный недостаток ветровых электрогенераторов связан с их малой распространенностью – эти агрегаты непривычны для жителей городов и поселков, а все новое традиционно считается плохим. [5]

1.3.3 Виды инверторов, технические характеристики

Основной задачей такого прибора является преобразование постоянного тока, производимого солнечными батареями в переменный. В дальнейшем такая энергия может использоваться различными устройствами. Мощность инвертора-преобразователя напряжения может быть от 100 до 8000 Вт. Это позволяет выбирать прибор, параметры которого соответствуют общей нагрузке в сети электропитания конкретного объекта.

Классификация оборудования зависит от напряжения на выходе. Исходя из этого параметра, различают два основных типа преобразователей напряжения-частоты:

- Меандровые;
- Синусоидальные.

В комплексе с солнечными батареями чаще всего используются инверторы второго вида. Они отличаются высоким качеством работы и считаются оптимальным вариантом для объектов, где установлена чувствительная техника. На выходе синусоидального преобразователя напряжения параметры похожи на те, которые выдает основная электрическая сеть. Что касается меандровых моделей, то у них на выходе напряжение имеет форму прямоугольных импульсов. Поэтому такие устройства рекомендованы для использования в комплексе с световым оборудованием. [6]

Технические характеристики инверторов

Выбирая оборудование обычно обращают внимание на его основные параметры.

Для преобразователей напряжения 12-220 такими являются:

- Выдаваемая мощность;
- Синусоида на выходе;
- Напряжение и частота;
- Функции защиты;
- Дополнительные возможности.

Рассмотрим каждую характеристику более детально. Начнем с выдаваемой мощности, так как этот параметр один из наиболее важных. От него зависит сколько и каких устройств можно будет подключить к

инвертору-преобразователю напряжения. Определяется этот параметр в киловаттах. Но нужно учитывать, что в паспорте прибора указываются два значения – номинальная и пиковая мощности. Причем последнее значение в 1,5, а то и 2 раза больше первого. [6]

На выходе повышающий преобразователь напряжения способен генерировать ток с чистой либо модифицированной синусоидой. Для потребителя этот момент не менее важен, чем мощность. Ведь при использовании оборудования с модифицированной синусоидой подключенные к нему газовые котлы могут не зажигаться, а циркуляционные насосы гудеть. Поэтому подключать к таким инверторам дорогостоящую технику не рекомендуется. [6]



Рисунок 11 – Различные виды инверторов

Выходное напряжение устройства зависит от величины этого параметра на входе. Выпускают модели преобразователей напряжения частоты:

- 12В;
- 24В;
- 48В.

Любое устройство, чья работа связана с электричеством, должно иметь систему защиты от перегрузки или КЗ. Если речь идет об аккумуляторной батарее, то к перечисленным выше добавляются и некоторые другие. Это может быть защита от перезаряда батареи или неправильной полярности подключения, а также перегрева и перенапряжения. Некоторые модели повышающих преобразователей напряжения обладают функцией автоматического перезапуска. [6]

Желание производителя упростить для пользователя управление прибором привело к оснащению их дополнительными элементами, такими как встроенный LCD-дисплей, розетки на корпусе, зарядное устройство.

Критерии правильного выбора

Обычно приобретая инвертор напряжения в первую очередь обращают внимание на его технические характеристики и функциональность.

Самыми важными параметрами являются:

1. Номинальная мощность – должна соответствовать суммарному значению подключаемых нагрузок;
2. Пиковая – способность выдавать максимальные кратковременные нагрузки;
3. Форма сигнала на выходе – лучший вариант с максимально приближенной к синусоиде;
4. Сила тока зарядного устройства – от нее зависит как быстро будет заряжаться аккумулятор;
5. Спящий режим – пониженное потребление энергии при минимальных нагрузках. [6]

1.3.4 Виды контроллеров заряда, технические характеристики

Контроллер заряда – очень важный элемент солнечной станции. Он представляет собой электронное устройство, которое контролирует и регулирует уровень заряда на аккумуляторной батарее. Именно контроллеры для солнечных батарей предохраняют АКБ как от полной разрядки, так и от чрезмерной зарядки. Если заряд АКБ максимален, то контроллер понижает уровень тока от фотомодулей до величины, которая лишь компенсирует саморазряд.

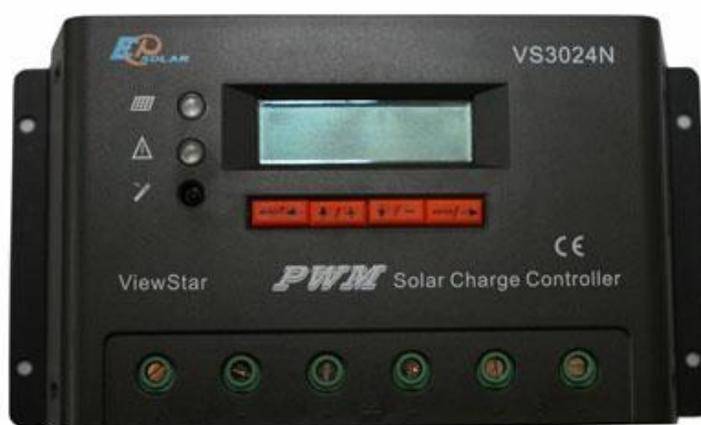


Рисунок 12 – Внешний вид контроллера заряда

Таким образом, контроллеры выполняют в солнечной установке целый ряд важнейших функций:

- обеспечение многостадийного заряда АКБ;
- автоотключение АКБ при полном заряде;
- автоотключение нагрузок при минимальном заряде;
- переподключение нагрузок при восстановлении заряда;
- автоподключение фотомодулей для заряда АКБ.
- Благодаря этим действиям сохраняется ресурс аккумуляторов и предотвращается их преждевременный выход из строя.

Виды контроллеров заряда

Сегодня для регулирования работы солнечной станции используется несколько типов контроллеров заряда. [7]

On/Off

Это самый примитивный и дешевый вид контроллеров. При достижении предельного напряжения он просто-напросто отключает солнечные батареи от аккумуляторов, и заряд прекращается. На деле же АКБ еще не успевает зарядиться полностью (как правило, в это момент уровень заряда составляет 90%), для этого необходимо поддержание максимального напряжения в течение некоторого времени. Такие регулярные недозаряды негативно влияют на аккумуляторы, сильно сокращая их рабочий ресурс. Поэтому контроллер данного типа применять крайне не рекомендуется, хотя некоторых и привлекает его дешевизна.

ШИМ (PWM)-контроллеры

Такой контроллер для солнечных батарей работает по технологии широтно-импульсной модуляции. Он прекращает заряд АКБ, не закорачивая солнечные модули и позволяя набирать 100% уровня заряда. Это довольно экономичные и эффективные устройства, однако их лучше применять в регионах, где активность солнца высока. Кроме того, они чаще всего устанавливаются в системах с небольшой мощностью (до 2кВт), где требуется зарядка АКБ малой емкости.

MPPT-контроллеры

Принцип работы этих устройств основан на управлении максимальными энергетическими пиками. Такой контроллер дороже других моделей, однако он гораздо более эффективны в эксплуатации и позволяет существенно сократить период окупаемости солнечной станции.

Данные регуляторы «вливают» в АКБ примерно на 25-30% больше энергии, чем другие приборы. Связано это с их рабочим алгоритмом. Он основан на отслеживании точки наибольшей мощности и преобразовании

напряжения фотомодулей в более низкое, но имеющее большую силу тока. Мощность при таком преобразовании не меняется. Другими словами, чтобы для поддержания заряда АКБ гелиопанели должны подать напряжение более высокое, чем у аккумуляторов. КПД этих контроллеров составляет порядка 95%. [7]

Критерии выбора

Контроллер заряда солнечной батареи нужно выбирать очень тщательно. И в первую очередь надо исходить из двух параметров:

Напряжение на входе. Предельно возможное напряжение для контроллера (оно указывается в его техпаспорте) должно примерно на 20% превышать напряжение «холостого хода» солнечной панели (а чаще всего – общее напряжение для группы фотомодулей). Такой запас прочности необходим потому, что, во-первых, производители нередко завышают рабочие параметры своих изделий, а во-вторых, при повышенной активности солнца напряжение гелиопанелей выше заявленного в документации.

Номинальный ток. Для PWM-контроллера этот параметр должен быть минимум на 10% выше тока короткого замыкания солнечной панели. MPPT-контроллер же надо выбирать по мощности. Этот параметр должен быть не ниже величины произведения выходного тока регулятора и напряжения системы. Причем значение системного напряжения надо брать для разряженных аккумуляторов. К полученному значению необходимо добавить примерно 20% запаса мощности для периодов с высокой солнечной активностью.

Не стоит пытаться сэкономить, и пренебрегать «запасом прочности», поскольку при высокой инсоляции это может привести к выходу из строя всей системы, однако и закладывать чрезмерный резерв также не надо.

Дополнительные особенности зарядных контроллеров

Современные контроллеры для солнечных батарей очень надежны и имеют несколько степеней защиты. В зависимости от модели в них реализуют:

- защиту от неправильной полярности подключения;
- защиту от коротких замыканий на входе;
- защиту от коротких замыканий в нагрузках;
- защиту от перегревов;
- защиту нагрузок от входных перенапряжений;
- защиту от разрядов молний;
- схемы предотвращения ночных разрядов АКБ;
- электронные предохранители.

Для облегчения использования и контролирования параметров системы контроллеры оснащают дисплеями. На дисплей выводится вся информация о состоянии АКБ и гелиостанции. Например, уровень заряда и напряжение аккумуляторов, ток фотомодулей, ток зарядки, ток в цепи нагрузок и отданные/накопленные ампер-часы. Также на экране высвечивается предупреждение о снижении заряда и скором отключении подачи питания на нагрузки.

Кроме того, в некоторых контроллерах предусмотрены таймеры, которые позволяют активировать ночной режим. Существуют и модели, которые способны одновременно контролировать две независимые АКБ (как правило, в их названии есть приставка «Duo»). Более совершенные регуляторы могут передавать излишки энергии (допустим, на ТЭН). [7]

Вывод: В данном разделе, рассмотрели оборудование необходимое для проектирования объекта электроснабжения. При решении задач электроснабжения объекта необходимо учитывать определенную специфику, а именно:

- система должна работать автономно и иметь запас емкости батареи, т.к. при аварийном отключении или остановки генерации, потребуется время для устранения дефектов;
- при необходимости, требуется установка бензинового генератора, для компенсации баланса электроэнергии;
- система требует максимальной перестраховки по генерации, а именно комбинирования различных источников энергии;
- следует учесть конструктивные особенности и крепление оборудования, установленного на автодоме.

ГЛАВА 2. ТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

2.1. Расчет электрических нагрузок

Основными потребителями электроэнергии в объекте электроснабжения являются, необходимые бытовые электрические приборы: чайник, фен, утюг и т.д. Для наружного освещения будут применены светодиодные светильники.

Таблица 4- Устанавливаемые электроприборы в жилом отсеке

Помещение	Устанавливаемые электробытовые приборы	Номинальная мощность, кВт
Жилой отсек	Эл. плита	1,5
	Холодильник	0,075
	Чайник	1,7
	Фен	0,9
	ПК	0,05
	Телевизор	0,04
	Утюг	1
	Кондиционер (лето)	0,95
	Обогреватель	1,2
	Освещение (светодиодные лампы)	0,1
Итого:		7,5

Таблица 5 – Расчет потребляемой нагрузки в зимний период

Устанавливаемые эл. приборы	Номинальная мощность, кВт	Часы использования, ч/сутки	Потребляемая энергия, кВтч за сутки
Эл. плита	1,5	1	1,5
Холодильник	0,075	8	0,6
Чайник	1,7	0,4	0,425
Фен	0,9	0,4	0,225
ПК	0,05	3	0,15
Телевизор	0,04	2	0,08
Утюг	1	0,4	0,25
Обогреватель	1,2	6	7,2
Освещение	0,1	6	0,6
Итого:			11,03

Таблица 6 - Расчет потребляемой нагрузки в весенний период

Устанавливаемые эл. приборы	Номинальная мощность, кВт	Часы использования, ч/сутки	Потребляемая энергия, кВтч за сутки
Эл. плита	1,5	1	1,5
Холодильник	0,075	8	0,6
Чайник	1,7	0,4	0,425
Фен	0,9	0,4	0,225
ПК	0,05	3	0,15
Телевизор	0,04	2	0,08
Утюг	1	0,4	0,25
Обогреватель	1,2	4	4,8
Освещение	0,1	3	0,3
Итого:			8,33

Таблица 7 - Расчет потребляемой нагрузки в летний период

Устанавливаемые эл. приборы	Номинальная мощность, кВт	Часы использования, ч/сутки	Потребляемая энергия, кВтч за сутки
Эл. плита	1,5	1	1,5
Холодильник	0,075	8	0,6
Чайник	1,7	0,4	0,425
Фен	0,9	0,4	0,225
ПК	0,05	3	0,15
Телевизор	0,04	2	0,08
Утюг	1	0,4	0,25
Кондиционер	1,2	2	2,4
Освещение	0,1	3	0,3
Итого:			5,93

Таблица 8- Расчет потребляемой нагрузки в осенний период

Устанавливаемые эл. приборы	Номинальная мощность, кВт	Часы использования, ч/сутки	Потребляемая энергия, кВтч за сутки
Эл. плита	1,5	1	1,5
Холодильник	0,075	8	0,6
Чайник	1,7	0,4	0,425
Фен	0,9	0,4	0,225
ПК	0,05	3	0,15
Телевизор	0,04	2	0,08
Утюг	1	0,4	0,25
Обогреватель	1,2	4	4,8
Освещение	0,1	4	0,4
Итого:			8,43

Для составления баланса электроэнергии в автономной системе электроснабжения с солнечными панелями необходим месячный график электропотребления поселка. Расчетный график приведен ниже в таблице 7.

Электропотребление в зимние месяцы почти в два раза превышает летнее энергопотребление. Балансы электроэнергии включают энергию генерируемую фотоэлектростанцией и потребленную проектируемым объектом. Соотношения генерируемой и потребляемой электроэнергии существенно различаются по месяцам, следовательно, необходим месячный анализ энергетических балансов.

Таблица 9 - Потребляемая мощность за каждый месяц

Месяц	Потребляемая энергия, кВтч
Январь	341,93
Февраль	308,84
Март	258,23
Апрель	249,91
Май	258,23
Июнь	177,92
Июль	183,83
Август	177,92
Сентябрь	261,33
Октябрь	252,91
Ноябрь	261,33
Декабрь	341,93

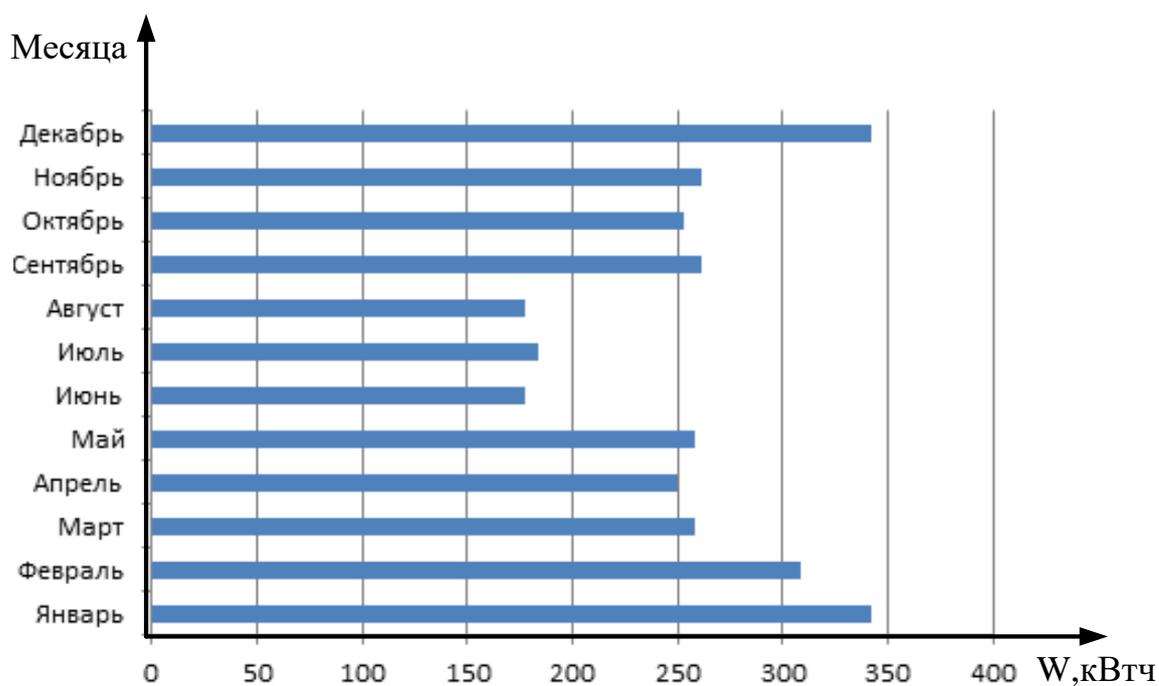


Рисунок 13 – Потребляемая энергия за каждый месяц

2.2. Оценка потенциала энергии ветра

Режим ветра в течение всего года складывается в зависимости от циркуляционных факторов и местных условий. На направление ветра в отдельных пунктах существенное влияние оказывают местные условия: неровности рельефа, направление долин рек, различные препятствия.

Используя метеоданные с сайта www.gismeteo.ru рассчитаем среднее значение силы ветра по месяцам за три года в промежутке с 2010 по 2015 год включительно. Данные расчёты сводим в таблицу 9. По данным таблицы строим график средней скорости ветров – рисунок 4.

Средняя скорость ветра определяется как среднеарифметическое значение, полученное в результате измерений скорости через равные промежутки времени в течение заданного периода: часы, сутки, месяцы, год, несколько лет:

$$V_{\text{cp}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i$$

Таблица 10 – Среднее значения скорости ветра в районе Горно-Алтайска

Месяц	Скорость ветра, м/с					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Январь	2,09	1,83	1,84	3,02	2,01	1,68
Февраль	2,17	2,04	2,26	2,54	2,25	2,17
Март	3,35	2,38	3,29	3,45	3,03	2,46
Апрель	3,36	3,46	4,13	4,73	2,74	2,65
Май	4,03	3,52	4,61	5,62	2,86	2,34
Июнь	3,16	2,43	3,92	3,31	2,47	2,36
Июль	3,16	2,67	2,87	4,27	2,25	2,68
Август	2,45	2,64	3,48	2,45	2,04	2,27

Сентябрь	3,53	2,82	3,06	3,19	1,92	2,06
Октябрь	2,16	2,93	3,25	2,86	1,64	2,15
Ноябрь	3,64	2,32	3,39	2,73	1,96	1,85
Декабрь	3,51	3,15	2,85	2,79	1,67	1,94

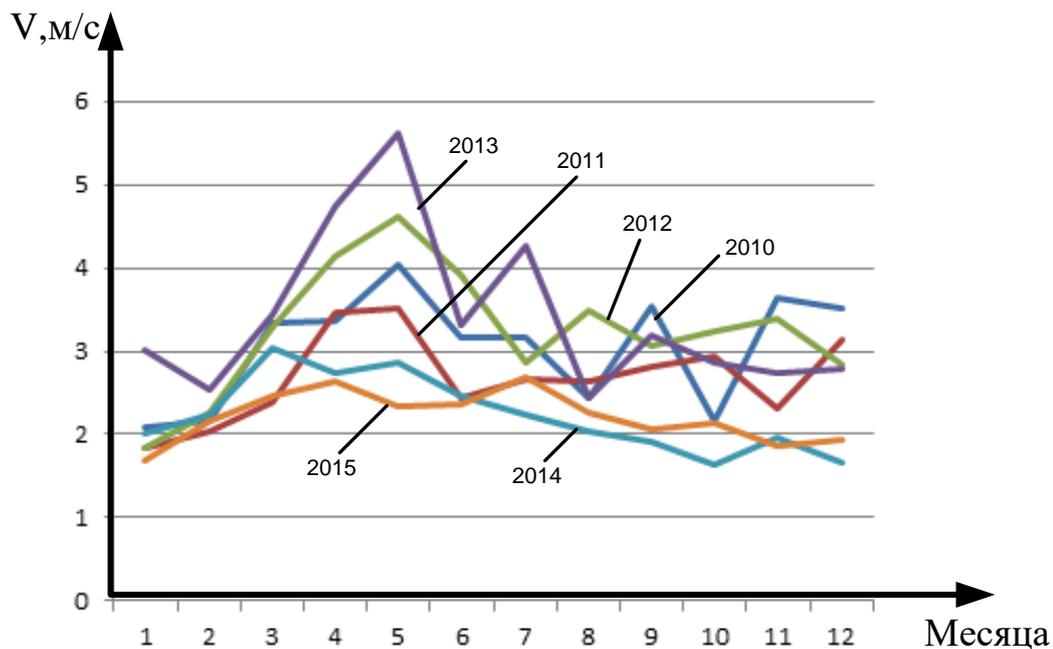


Рисунок 14 – Средняя скорость ветра за 2010-2015 года (район Горно-Алтайска)

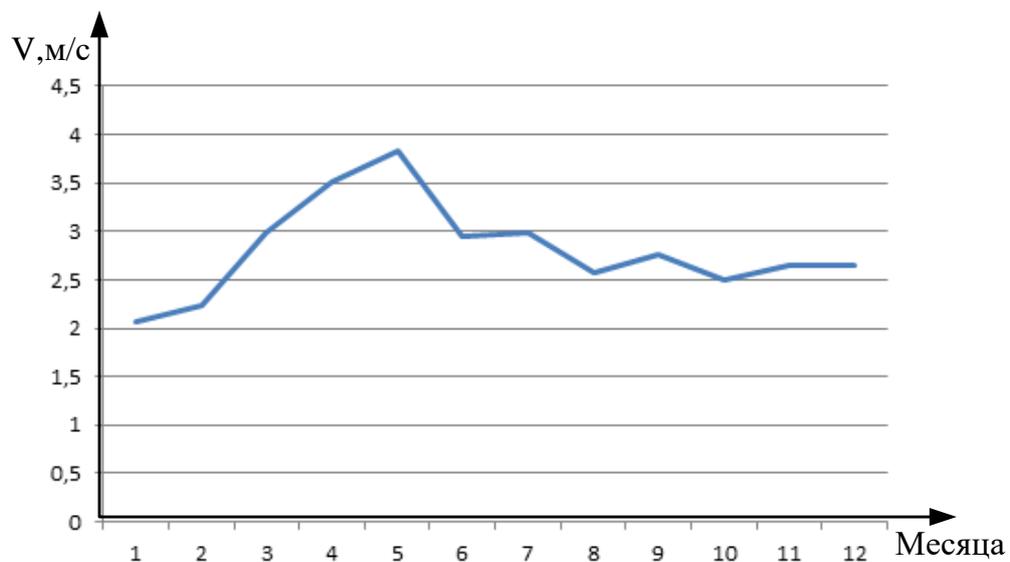


Рисунок 15 – Среднее значение силы ветра за год, для каждого месяца

2.3. Оценка потенциала использования энергии солнца

Электроснабжение в автотуризме – это задача, с которой великолепно справляются солнечные модули. Благодаря тому, что перемещается такая автономная система с помощью автомобиля, для нее нет жёстких ограничений по весу. Однако батареи для оснащения домов на колесах имеют определенные конструктивные особенности. Солнечные панели устанавливаются на крыше автодома – это эффективный способ подзарядки аккумуляторов, от которых осуществляется электроснабжение жилого отсека автодома.

Второй важный момент возникает в организации правильной ориентации батарей по отношению к солнцу. В режиме движения эту задачу решить проблематично. По этой причине производительность батареи может значительно упасть. Для ориентации батареи в режиме стоянки нередко используют специальные поворотные устройства.

В таблице приведены усредненные данные о восходе и заходе солнца, на основе которых вычислена продолжительность светового дня.

Таблица 11 – Продолжительность светового дня

Сезон	Восход	Закат	Длительность
Зима	8:10:00	16:47:00	08:36:00
Весна	06:14:00	18:33:00	12:19:00
Лето	03:57:00	20:41:00	16:43:00
Осень	06:04:00	18:16:00	12:12:00

Расчёт инсоляции в среде Mathcad. В качестве примера произведем расчет для зимы задав координаты Горно-Алтайска $51^{\circ}58'$ с. ш. $85^{\circ}58'$ в. д. и выбрав день 23 февраля 2010года (54-й день в году). [8]

Исходные данные

Восход солнца в 8 ч 10 мин, заход – в 16ч 47мин; продолжительность светлого времени суток – 8ч 36мин; солнечную радиацию рассчитываем через каждый час с 8ч до 17ч

$S_0 = 1395 \text{ Вт} / \text{м}^2$ - солнечная постоянная;

$N = 54$ - порядковый номер дня в году(23 февраля 2010года);

$C = 0,43$ - для нормальной прозрачности атмосферы;

$\varphi = 0,288\pi \text{ рад}$ - для Горно-Алтайска;

$\gamma = 0$ - азимутальный угол плоскости (на юг);

$\alpha = 0,36$ - коэффициент, зависящий от среды и от широты (на суше, на широте г. Горно-Алтайск);

$b = 0,38$ - постоянный коэффициент;

$n = 0,7$ - количество облаков в долях единицы;

Суммарная солнечная радиация уходит в отрицательную область с 17-18 часов до 9-10 часов. Следовательно, принимаем расчетный промежуток времени облучения равным 9 часам. Этому промежутку времени

соответствует изменение часового угла от $\frac{\pi}{3}$ до $\frac{-5\pi}{12}$. [8]

Порядок расчета

1. Находим значение склонения солнца:

$$\delta = 0,41 \times \sin \left(2 \times \pi \times \frac{(284 + N)}{365} \right) = -0,184$$

2. Определяем высоту солнца и угол падения прямого солнечного излучения на площадку при различных углах наклона плоскости к горизонту: [8]

$$\begin{aligned} \cos \theta &= \sin \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos s - \\ &\sin \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos s \cdot \cos \gamma + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos s \cdot \cos \omega + \\ &\cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \sin s \cdot \cos \gamma \cdot \cos \omega + \cos \delta \cdot \sin s \cdot \sin \gamma \cdot \sin \omega \end{aligned}$$

$$\sin \alpha = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega$$

3. Находим плотность потока суммарной солнечной радиации, падающей на наклонную площадку в ясную погоду при различных углах наклона площадки к горизонту: [8]

$$Q_{\text{накл}}(\varphi, \omega, \gamma, s, N) = S_{\text{накл}}(\varphi, \omega, \gamma, s, N) + D_{\text{накл}}(\varphi, \omega, s, N)$$

$$S_{\text{накл}} = S_{\text{орт}} \cdot \cos \theta$$

$$S_{\text{орт}} = \frac{S_0 \cdot \sin \alpha}{\sin \alpha + c}$$

$$D_{\text{накл}} = D_{\text{гор}} \left(0,55 + 0,434 \cdot \cos \theta + 0,313 (\cos \theta)^2 \right)$$

$$D_{\text{гор}} = \frac{1}{3} (S_0 - S_{\text{орт}}) \sin \alpha$$

4. Определяем поступление суммарной солнечной радиации на плоскость, наклоненную к горизонту под оптимальным углом в облачную погоду с прояснениями:

$$Q_{\text{обл}}(\varphi, \omega, \gamma, s, N) = (S_{\text{накл}}(\varphi, \omega, \gamma, s, N) + D_{\text{накл}}(\varphi, \omega, s, N)) \cdot (1 - (a + bn)n)$$

Для более точного определения оптимального угла наклона 23 февраля необходимо найти суммарное количество энергии, поступившей на плоскость площадью 1 м^2 в течение дня для $s = \frac{\pi}{12}; \frac{\pi}{6}; \frac{\pi}{4}; \frac{\pi}{3}$, а именно: [8]

$$\int_{-\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{4}} Q_{\text{накл}} \left(\omega, \frac{\pi}{12} \right) d\omega = 822,364 \text{ Дж} / \text{м}^2$$

$$\int_{-\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{4}} Q_{\text{накл}} \left(\omega, \frac{\pi}{6} \right) d\omega = 1021 \text{ Дж} / \text{м}^2$$

$$\int_{-\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{4}} Q_{\text{накл}} \left(\omega, \frac{\pi}{4} \right) d\omega = 1156 \text{ Дж} / \text{м}^2$$

$$\int_{-\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{4}} Q_{\text{накл}} \left(\omega, \frac{\pi}{3} \right) d\omega = 1216 \text{ Дж} / \text{м}^2$$

Переводим радианы в час.

$$1216 \text{ Дж} / \text{м}^2 * \text{рад} = 1216 * 12 / 3,14 = 4647,13 \text{ Вт} / \text{м}^2 * \text{ч}$$

Таблица 12 – Инсоляция в период с 2010 – 2015 года

Месяц	λ , кВт					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Январь	3,4432	3,8721	3,7623	3,3554	3,4356	3,5039
Февраль	4,6471	5,1986	4,8984	4,9847	4,5643	4,7363
Март	5,0484	4,8934	5,1543	5,0873	5,0495	5,2845
Апрель	5,663	5,4563	5,7934	5,5738	5,6783	5,3234
Май	5,7516	5,9746	5,6908	6,0982	5,6795	5,9822
Июнь	5,7248	6,0039	5,9872	5,9903	6,0193	5,6849
Июль	5,751	5,9456	5,9943	6,1304	5,7946	5,9044
Август	5,6178	5,8032	5,7849	5,6748	5,8399	5,8493
Сентябрь	4,8955	4,6039	4,7893	5,0937	4,6897	4,9847
Октябрь	3,4395	3,9049	3,7848	4,0288	3,4563	3,3682
Ноябрь	1,7942	2,3423	2,0493	1,9374	1,7484	2,1834
Декабрь	2,1961	2,5367	2,3948	2,2494	2,1965	2,4983

Среднедневные и среднемесячные суммы солнечной радиации для каждого месяца приведены в таблице ниже:

Таблица 13 - Среднедневные и среднемесячные суммы солнечной радиации

	Янв.	Фев.	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Дек.
Ср.днев.	3,56	4,83	5,08	5,58	5,85	5,89	5,91	5,8	4,83	3,64	2,99	2,34
Ср.мес.	106,8	144,9	152,4	167,4	175,5	176,7	177,3	174	144,9	109,2	89,7	70,2

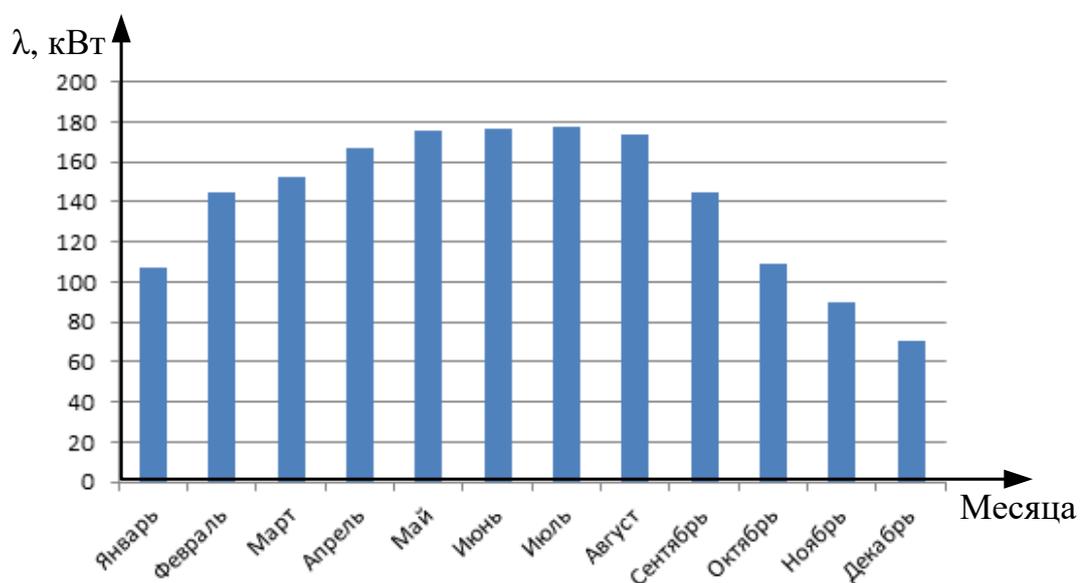


Рисунок 16 - Энергия солнца по месяцам

Вывод: Произвели необходимые расчеты, требуемые для анализа возобновляемых источников электроэнергии. В проектируемой системе электроснабжения, пришли к выводу, то что использование энергии ветра будет не актуальным для данного региона, по графику (Рисунок 15) видно, что среднее годовое значение силы ветра меньше 3,5 м/с следовательно данный регион обладает плохим ветроэнергетическим потенциалом. Предпочтение отдаем энергии солнца. Анализируя приведенные выше графики солнечной энергии, можно сделать следующие выводы:

1) Наиболее благоприятными месяцами, для использования солнечных модулей являются месяца с марта по сентябрь включительно, так как они характеризуются наивысшими значениями суммарной солнечной радиации.

2) Декабрь характеризуется минимальным количеством суммарной солнечной радиации и максимальным спросом на электроэнергию. Применение солнечных батарей в данном месяце необходимо осуществлять в составе гибридной электростанции с применением топливных источников электроэнергии.

3) В целом электроснабжение объекта с использованием солнечных энергетических ресурсов в течение круглого года будет эффективным, но лишь с применением топливных ресурсов, когда это потребуется.

ГЛАВА 3.
ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ,
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАБОТЫ СИСТЕМЫ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

3.1. Выбор солнечных модулей

Для расчета генерируемой электроэнергии следует выбрать тип солнечных панелей. Из всего представленного многообразия продукции наиболее оптимальным соотношением цены и мощности, а также высоким качеством обладают модули российского производства **Exmork ФСМ-300М**.



Рисунок 17 – Солнечная панель Exmork ФСМ-300

Таблица 14 - Характеристики солнечных модулей

Мощность, Вт	300
Стоимость, руб.	19111
КПД, %	18
Габариты, мм	1956x992
Напряжение, В	48

Данные по солнечным клеткам

- Тип – Моно
- Производитель солнечных клеток: Sunny Energy Science and Technology (Китай)
- КПД солнечных клеток в модуле ФСМ-300М - 17,4%
- Класс качества - А
- Количество клеток в модуле - 72 штуки

Материалы

- Рама - анодированный алюминий
- Стекло - специальное закалённое стекло для солнечных модулей
- Светопроницаемость стекла: 97%, выдерживает без повреждения металлический шарик 2.27 г, с высоты 1 метр
- Ветровая нагрузка: до 60 м/с (200 кг на квадратный метр)
- Фронтальный ламинат - Hi-sheet RC 02B (0.45 мм. толщина), Япония
- Подкладка - фольгированный материал, PTL3-38/75(0.17 мм. толщина), Krempel, Германия;

Температурные режимы работы

- Оптимальная температура без потери мощности: до +47°C
- Рабочий диапазон: от -40°C до +85°C
- Степень герметизации: IP 65 (корпус, распределительная коробка)

Энергетические показатели

- Паспортная мощность солнечной батареи (W_p): 300 Вт (положительный толеранс (0 ~ +3%))
- Номинальное напряжение солнечной батареи: 48 В
- Напряжение при пиковой мощности V_{mp} : 36 В
- Напряжение V_{oc} : 43.15В
- Напряжение максимальное в системе V_{dc} : 1000В
- Ток I_{mp} : 8.33А
- Ток I_{sc} : 9.14А

По указанным энергетическим характеристикам солнечной панели проведем расчет выработки электроэнергии в каждом месяце.

Модуль мощностью P_m в течение выбранного периода выработает следующее количество энергии:

$$W_{\text{мод}} = \frac{k \cdot P_m \cdot E}{1000},$$

, где E – значение инсоляции за выбранный период, кВтч/м², k – коэффициент, учитывающий поправку на потерю мощности солнечных элементов при нагреве на солнце, а также наклонное падение лучей на поверхность модулей в течение дня. Величина k принимается равной 0,5 летом и 0,7 в зимний период. Разница в его значении зимой и летом обусловлена меньшим нагревом элементов в зимний период. [9]

Таблица 15 - Баланс мощностей

Месяц	Солнечная радиация (кВт·ч/м ²)	Требуемое количество Э.Э. $W_{\text{треб}}$ (кВт·ч)	Э.Э солнечного модуля- $W_{\text{мод}}$ (кВт·ч)	Э.Э(10) солнечных модулей- $W_{\text{мод}}$ (кВт·ч)	Дефицит электроэнергии - W_d (кВт·ч)
Январь	106,8	341,93	22,42	224,2	-117,73
Февраль	144,9	308,84	30,42	304,2	-4,64
Март	152,4	258,23	32,12	321,2	62,97
Апрель	167,4	249,91	25,14	251,4	1,49
Май	175,5	258,23	26,25	262,5	4,27
Июнь	176,7	177,92	26,51	265,1	87,18
Июль	177,3	183,83	26,59	265,9	82,07
Август	174	177,92	26,11	261,1	83,18
Сентябрь	144,9	261,33	30,42	304,2	42,87
Октябрь	109,2	252,91	22,91	229,1	-23,81
Ноябрь	89,7	261,33	18,83	188,3	-73,03
Декабрь	70,2	341,93	14,74	147,4	-194,53
Итого:	1689	3074,31	302,46	3024,6	364,03/-413,74

Четыре солнечных модуля будут размещаться на крыше автодома(Рисунок 18), крепление представлено на рисунке 19, остальные

шесть модулей будут размещаться по парно на разборных, мобильных стойках для монтажа СМ(Рисунок 20).

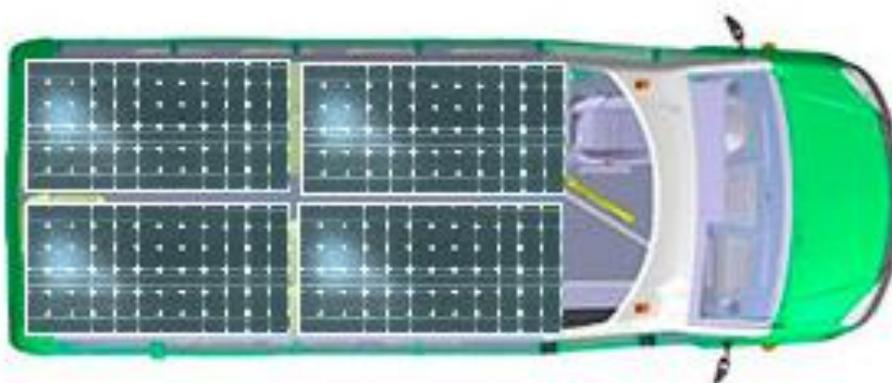


Рисунок 18 – Размещение СМ на крыше автодома



Рисунок 19 – Крепление СМ



Рисунок 20 – Мобильные стойки для монтажа СМ

3.2. Выбор инвертора

Инвертор преобразует постоянное напряжение в переменное напряжение промышленной частоты для питания электропотребителя. Выбор инвертора будем производить по максимальной потребляемой мощности за сутки в зимний период с запасом 20%, т.к. инвертор не может работать в полную мощность:

$$P_{инв} = 1,2 \cdot P_{зим} = 1,2 \cdot 7,5 = 9 \text{ кВт}$$

Выбираем инвертор **МАП SIN Энергия PRO HYBRID 48 9 (48В, 9кВт)**, характеристики представлены ниже:

Таблица 16 – Характеристики инвертора

Наименование	9 кВт (Инвертор)
Мощность, кВт	9
КПД, %(не менее)	92...96
U, В	48
Uвых, В	220
Частота, Гц	50
Пиковая мощность, кВт	12
Максимальная мощность, кВт	9
Номинальная мощность, кВт	6
Собственное потребление на хх, Вт	14,4-24
Рекомендуемая суммарная мощность АКБ, Ач	900
Min суммарная емкость АКБ, А·ч	300
Max суммарная емкость АКБ, А·ч	1500
Рабочий температурный диапазон, С	-25...50
Габариты(В-Г-Ш), см	21-41-56
Масса без упаковки, кг	36

МАП HYBRID умеет синхронизироваться и подкачивать в сеть дома, энергию от АКБ (и в свою очередь от солнечных батарей или ветрогенератора или от дизель/бензо/газогенератора/микро-гидро-станции). Наиболее частое использование - упрочнение сети при недостатке выделенной мощности в пиковые часы, подкачка в сеть энергии от солнечных панелей/ветряков, можно и не задействуя АКБ или задействуя их на небольшой процент ёмкости (без сокращения их срока службы).

Функции аппарата:

- Отображение напряжений, токов, режимов работы и др. на ЖК экране.
- Регулируемая двухступенчатая система заряда аккумуляторов
- Наличие байпаса (автоматическая трансляция 220 В).
- Корректная работа с мини-электростанцией перехват нагрузки в случае превышения мощности; автоматическое временное уменьшение зарядного тока, в случае общего потребления в рамках максимальной мощности миниэлектростанции; выравнивание зарядного тока.
- Точная подстройка значения выходного напряжения, с возможностью установки его величины по желанию пользователя (в режиме генерации напряжения от МАП).
- Возможность, по желанию пользователя, менять пороги напряжений начала/конца заряда.

3.3. Выбор контроллера заряда

При выборе МРРТ-контроллера должны учитываться условия: Произведение выходного тока контроллера и напряжения системы в разряженном состоянии аккумуляторов должно быть больше либо равно суммарной мощности солнечных батарей с 20% запасом. Т.е. контроллер выбирается по мощности. Только из-за того, что мы принимаем во внимание разряженное состояние, то напряжение системы будет иметь меньшее значение. Поэтому максимальная мощность, указанная в параметрах контроллера не принимается во внимание.

Допустим, для наших выбранных ранее 10 панелей по 300 Вт напряжением 48В понадобится МРРТ-контроллер, выходной ток которого равен:

$$I = \frac{N_{cn} \cdot P_{cn}}{U} = \frac{10 \cdot 300 \cdot 1,2}{48} = 75A$$

Выбираем контроллер заряда **Outback FlexMax-80** [9]

Таблица 17- Параметры Outback FlexMax-80

Максимальный ток, А	80
Максимальное напряжение, В	150
КПД	0,92...0,96
Габариты(В-Г-Ш), см	41,3-14-10
Масса, кг	5,56

Основные характеристики:

Максимальный (устанавливаемый) ток заряда: 80 А

Выбор номинального напряжения: 12, 24, 36, 48, 60 В

3.4. Выбор аккумуляторных батарей, бензогенератора

Для систем автономного электроснабжения нельзя использовать автомобильные аккумуляторы или аккумуляторы, не имеющие глубокого цикла. В автономных системах используются специальные аккумуляторные батареи со сроком службы до 10 лет и более. Для выбора правильной емкости аккумуляторной батареи, найдем подходящее для системы электроснабжения время работы инвертора:

$$T = \frac{E \cdot U \cdot \eta \cdot 0,7}{P}, \text{ где}$$

E - Емкость АКБ, U – напряжение инвертора, η – КПД инвертора,

P- Нагрузка 0, 7- глубина разряда АКБ

Таблица 18– Время работы инвертора

E, А*ч	U, В	P, кВт	T, ч
100	48	7,5	0,4
500			2,0
1000			4,0
1500			6,0
2000			8,0

Выбираем гелиевые аккумуляторные батареи 12В, 300Ач, GEL300.

Схема подключения батарей к инвертору:

1. Чтобы получить вольтаж батареи, равный номиналу инвертора, отдельные 24В аккумуляторы соединяются последовательно — в одну цепочку.
2. Для увеличения емкости батареи последовательные цепочки аккумуляторов соединяются параллельно.
3. Кабели от инвертора рекомендуется подключать к «диагональным» клеммам собранной по параллельно-последовательной схеме батареи.

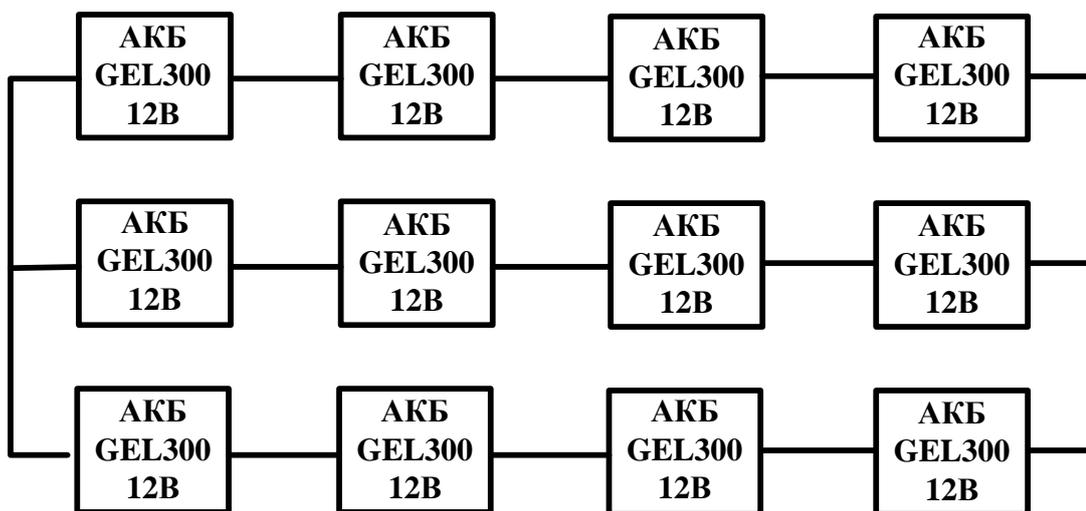


Рисунок 21 - Схема подключения АКБ

Нехватку электроэнергии, от фотоэлектростанции из 10 солнечных панелей, необходимо получить от бензогенератора с автозапуском, 3 кВт, **Europower EP 4100 E Auto**. Бензиновый генератор используется в качестве резервного источника питания при дефиците электроэнергии в электросети. Автоматика позволяет запускать генератор при пропадании входного электричества и глушить при его появлении, без участия человека. Таким образом, генератор с автозапуском является полностью автономным.

Таблица 19 – Технические характеристики бензогенератора

Максимальная мощность, кВт	3
Напряжение, В	220
Стартер	Электростартер/ ручной стартер
Вес, кг	72
Объем бака, л	5,3
Вид топлива	Бензин(АИ-92)
Расход топлива, л/ч	2
Габариты, мм	770-560-510

3.5 Алгоритм работы системы электроснабжения объекта

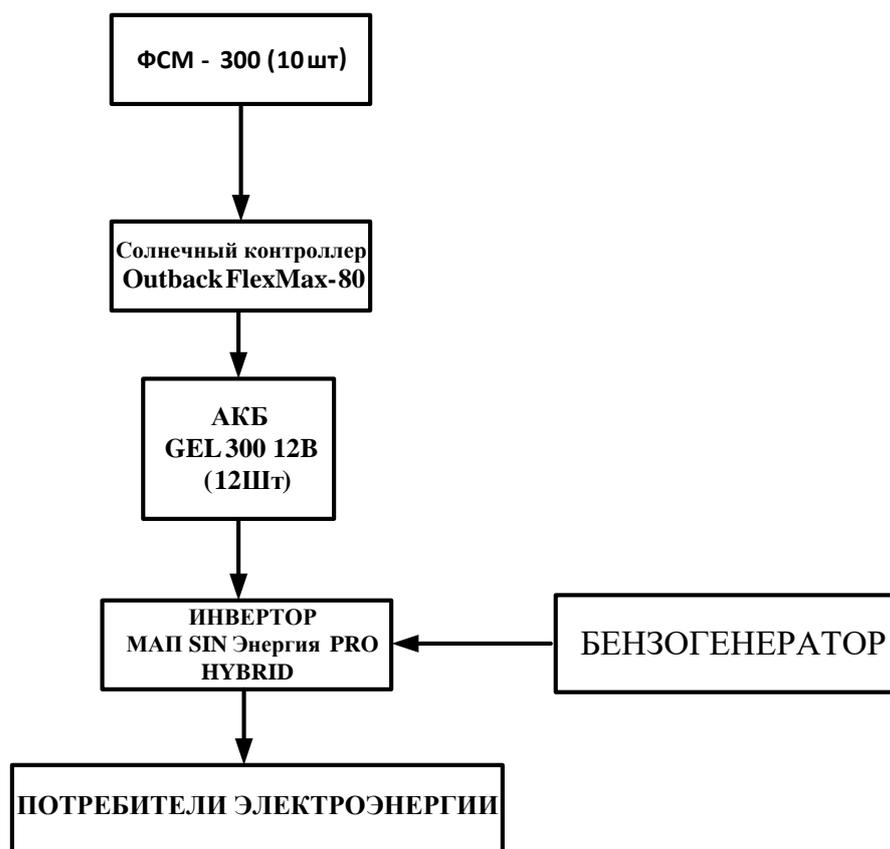


Рисунок 22 – Функциональная схема фотоэлектростанции

Солнечные модули через контроллер заряда заряжают аккумуляторную батарею. Инвертор преобразует постоянное напряжение в переменное напряжение промышленной частоты для питания электропотребителей. При достаточном уровне инсоляции, аккумуляторная батарея не разряжается ниже определенного уровня, например 0,7 от номинала.

При недостатке солнечной энергии и, соответственно, более глубоком разряде накопителей электроэнергии, инвертор отключает аккумуляторы и выдает сигнал на запуск бензинового генератора для питания нагрузки. Аккумуляторная батарея заряжается от солнечных панелей и, при достижении полного заряда, инвертор выполняет обратное действие, т.е. выключает бензогенератор и переводит питание электрических нагрузок от батарей аккумуляторов. [9]

Глава 4. Моделирование в программе Matlab/Simulink

Строим имитационную модель солнечного модуля, состоящего из 10 солнечных панелей. Структура модели приведена на рисунке 22. Изменяемые параметры в процессе моделирования: температура окружающей среды « T_c »; солнечная радиация « L_{sun} »; напряжение на клеммах солнечного модуля « V »; выходной ток солнечного модуля « I »; электрическая отдаваемая мощность « P ». Параметры, которые зависят от типа солнечного модуля, но в процессе неизменны: напряжение холостого хода « V_{oc} »; ток короткого замыкания « I_{sc} »; количество соединенных СЭ последовательно « N_s » и параллельно « N_p ». Так же есть константы: заряд электрона « q »; постоянная Больцмана « k »; абсолютная температура 0°C « T_0 »; базовая температура « T_{ref} »; технологический фактор « A »; пороговое напряжение « E_g ».

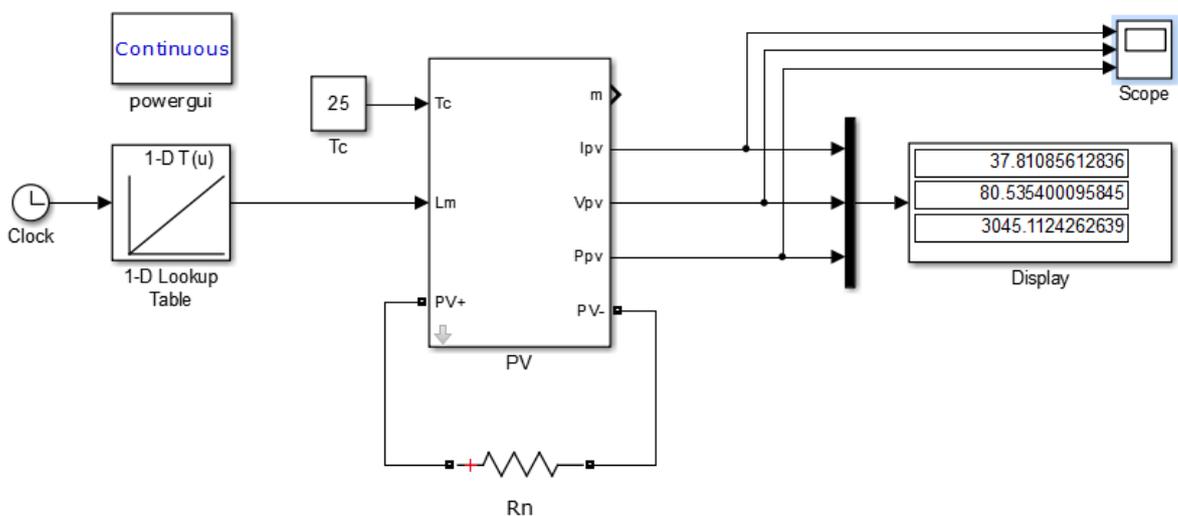


Рисунок 23 – Структурная схема солнечного модуля

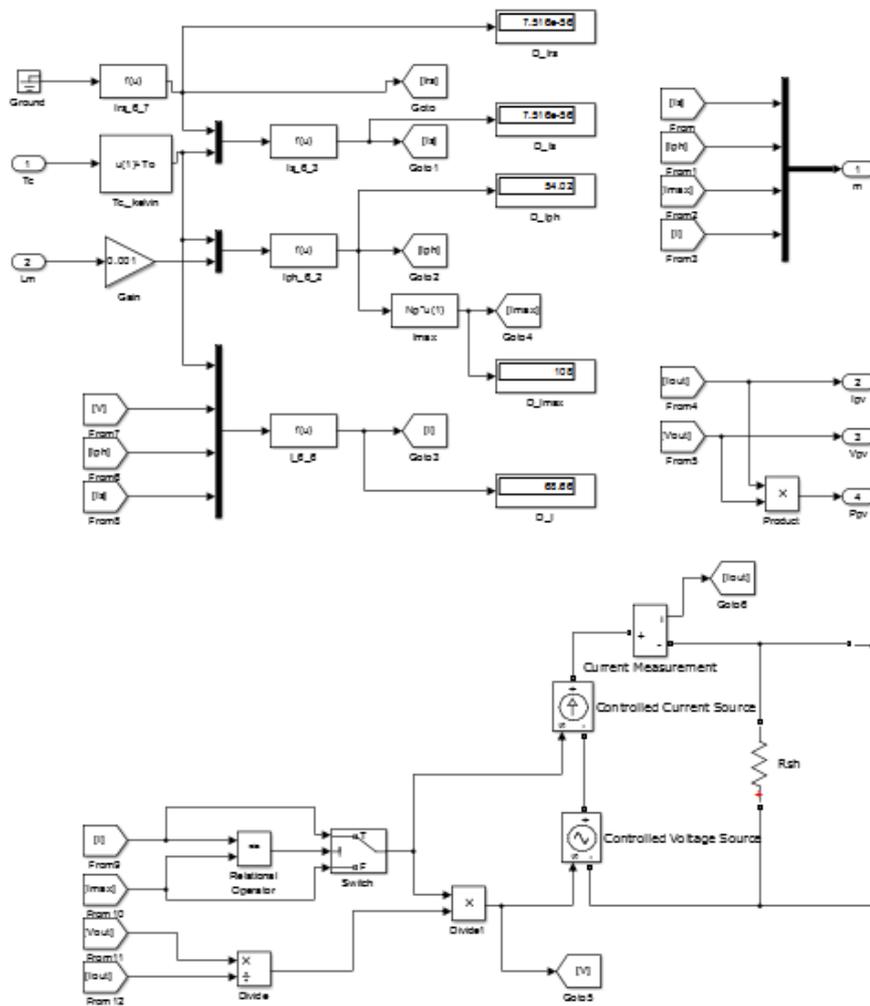


Рисунок 24 - Структура подсистемы солнечного модуля

Ниже приведены графики, полученные с выходов солнечного модуля при солнечной инсоляции от 1 до 5,91кВт (среднедневное значение инсоляции в течение месяца):

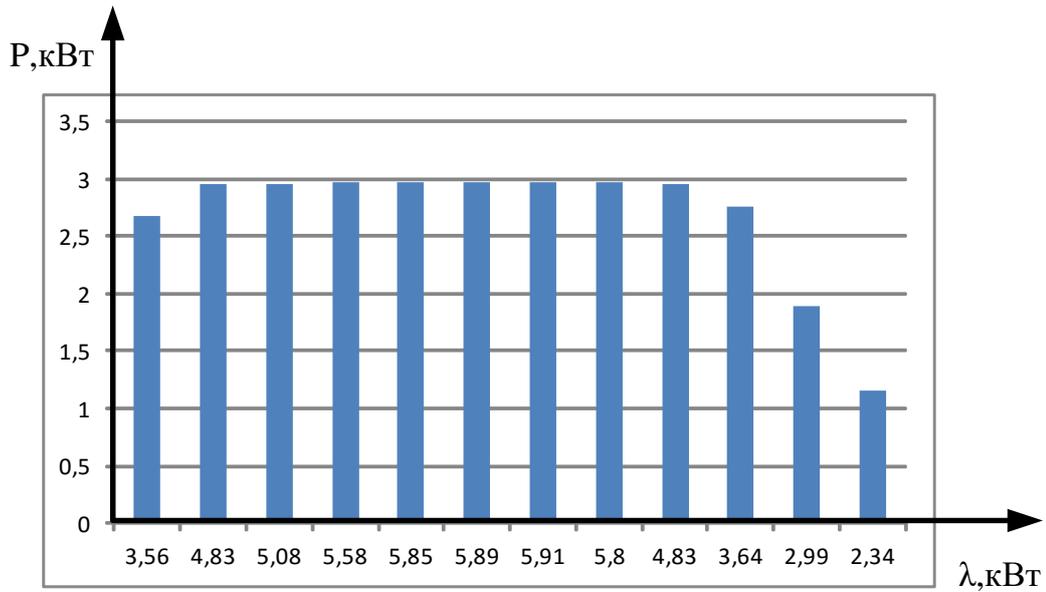


Рисунок 25 - Мощность на выходе СМ при различной солнечной радиации

По рисунку 25 видно, что при увеличении солнечной радиации выходная мощность солнечных модулей увеличивается. По полученным выходным значения можно сказать, что модель собрана и настроена правильно. Далее следует собрать схему инвертора и подключить к солнечному модулю, для того чтобы посмотреть выходное значение напряжения. Схема представлена ниже, на рисунке 26:

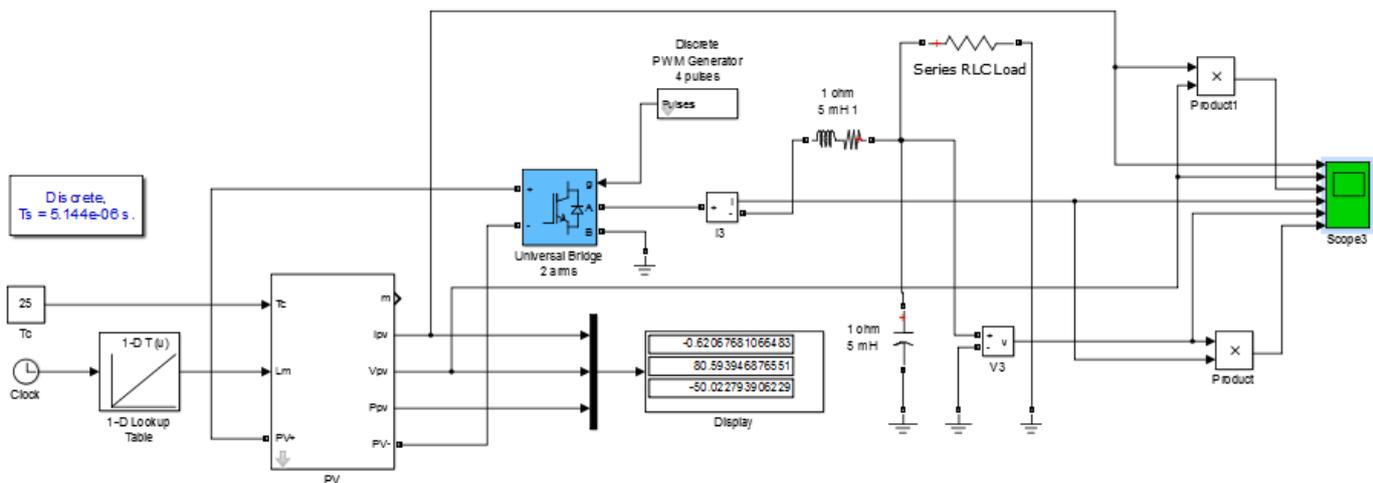


Рисунок 26 – Схема подключения инвертора к солнечному модулю

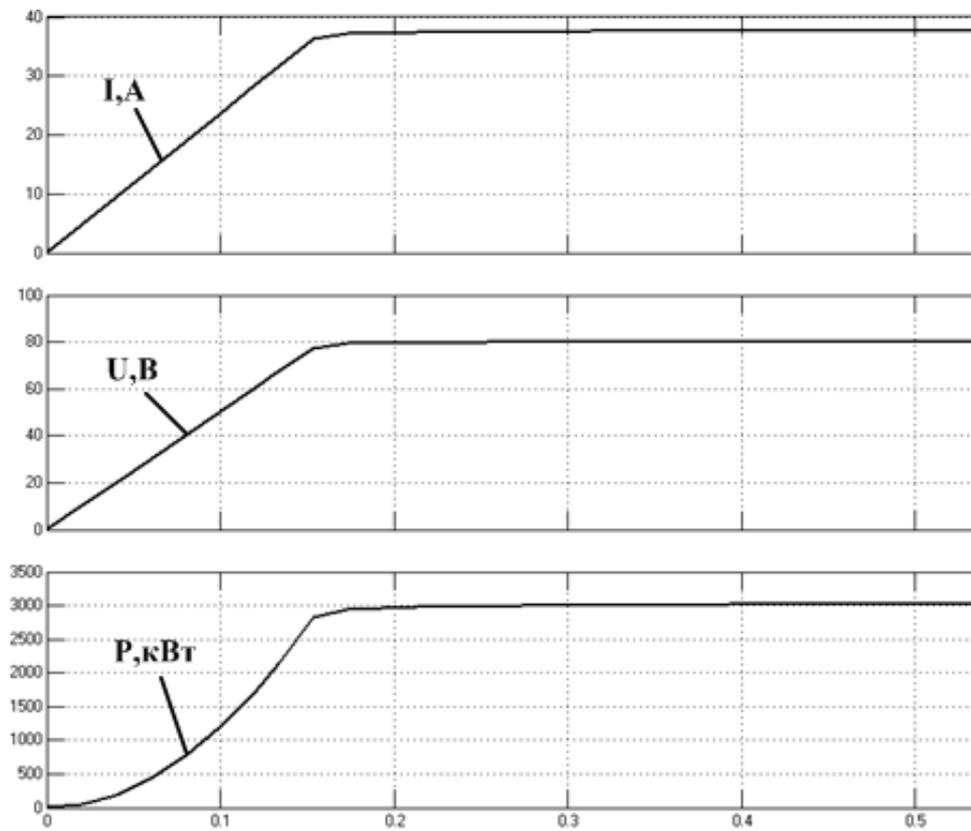


Рисунок 27 – Параметры на выходе солнечного модуля

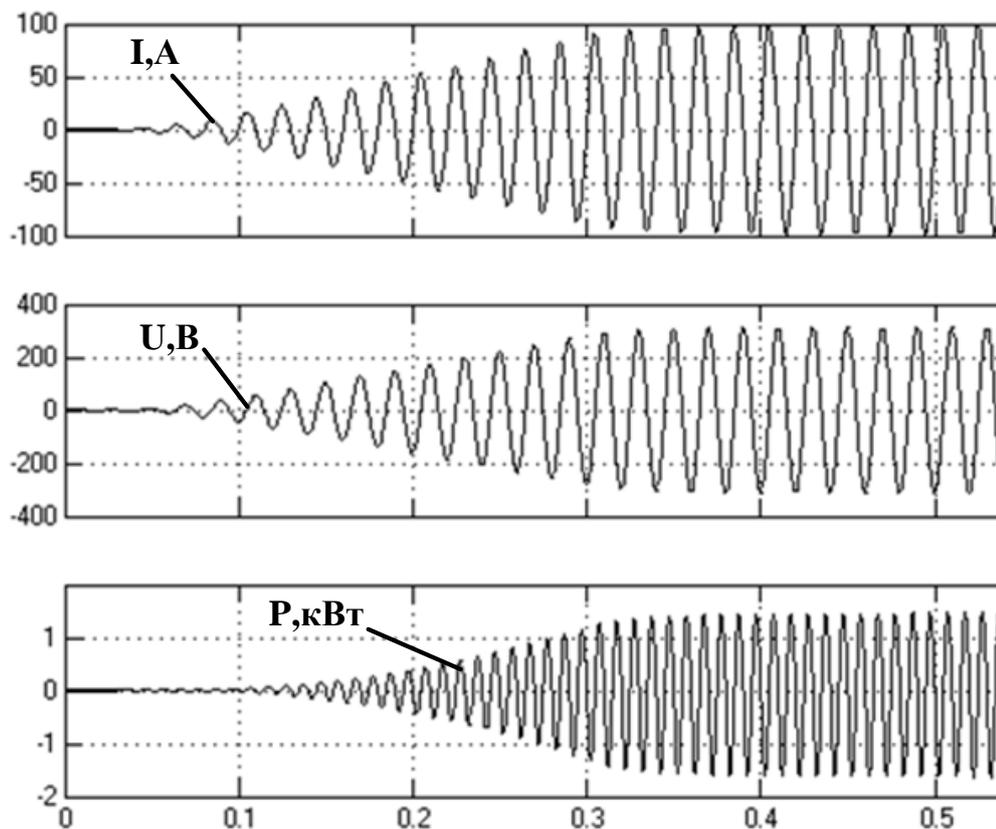


Рисунок 28 – Параметры на выходе схемы подключения

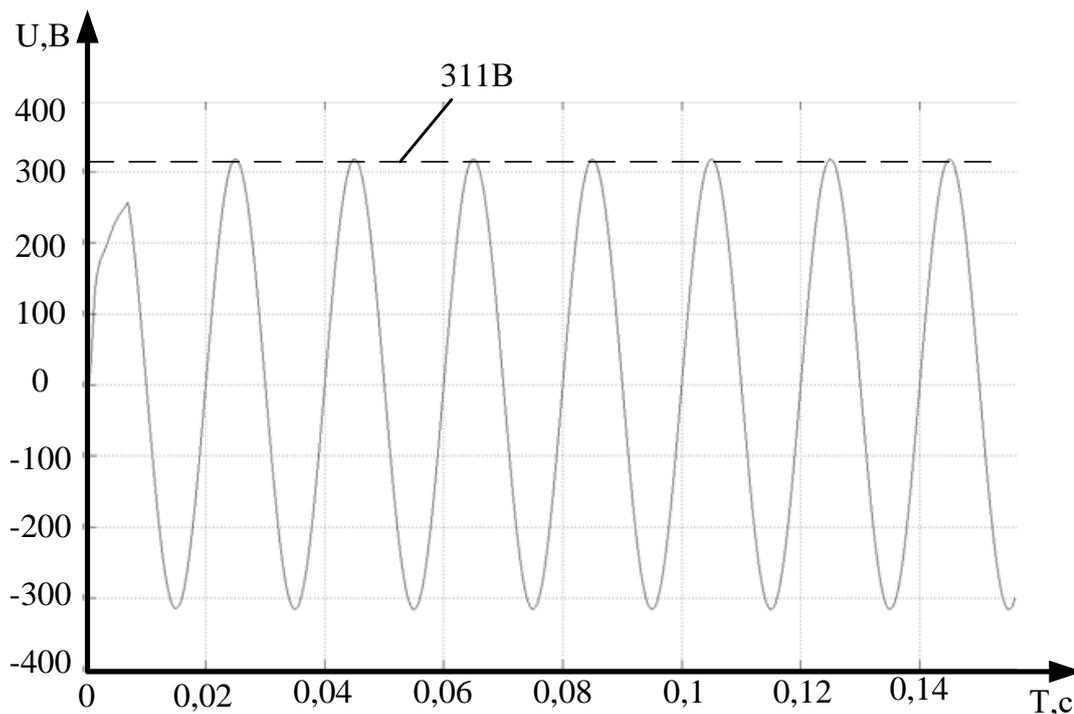


Рисунок 32 – Амплитудное выходное значение напряжение

Получим действующее значение выходного напряжения: $U_{\text{вых}} = \frac{311}{\sqrt{2}} = 220\text{В}$.

Вывод: В ходе моделирования солнечного модуля была проверена его работа при различных параметрах нагрузки и солнечного излучения. Выявлено соответствие характеристик солнечного модуля, предоставленных производителем и характеристик солнечного модуля при моделировании в среде Matlab/Simulink. Расхождение результатов моделирования с паспортными характеристиками не превышает допустимых значений. При подключении инвертора к солнечному модулю на выходе было получено требуемое напряжение для работы электрооборудования. Тем самым подтверждается адекватность предлагаемой имитационной модели.

Заключение

В проделанной магистерской диссертации была рассмотрена и спроектирована система электроснабжения дома на колесах на базе возобновляемых источников энергии.

Были проанализированы два возможных источника возобновляемой энергии, ветер и солнце. Анализ проводился по данным с метеостанций, установленных в предлагаемом месте расположения. Рассчитаны основные параметры обоих источников.

Проведен расчет нагрузки, потребляемой электрооборудованием в автодоме. На основании графиков нагрузки и энергетических параметров возобновляемых источников были составлены энергетические балансы. На основании балансов и экономических расчетов был выбран солнечный источник как основной, так как скорость ветра в районе расположения не велика.

В качестве основного энергетического оборудования было выбрано 10 солнечных модулей ФСМ- 300 по 300Вт каждый и сетевой инвертор МАП SIN Энергия PRO HYBRID 48В 9кВт.

Учитывая специфику работы сетевого инвертора, была разработана схема электрического присоединения к основной системе электроснабжения. Использование новейшего оборудования, позволяет использовать альтернативную энергетику в данном районе. Спроектированная система электроснабжения наглядно это демонстрирует.

INTRODUCTION

Theme of qualifying work: "Stand-alone hybrid low-power systems."

According to Russia's economic strategy for the period up to 2030, its main goal is to make the most efficient use of natural energy resources, as well as the full potential of the energy sector. Essential in the ES-2030 is given to development of renewable energy and its carriers.

Each of us has repeatedly experienced a sudden loss of power, power line surges, incapacitating expensive appliances. Alternative energy sources will help to forget about all the troubles related to power outages. A few years ago, such energy systems were quite unavailable due to its high cost. Now, in the early 21st century, the breakthrough of technologies of alternative and renewable energy sources, especially solar, significantly increased the availability of environment-friendly energy systems. Own independent power supply, without interruption, noise and environmental pollution - this is an incomplete list of the advantages of their own systems, working on renewable energy sources. The cost of installation of "green" power systems is still quite high, but over time pays off (depending on local conditions), which was one of the reasons for the growing popularity of alternative energy systems. Of course, a wide unfamiliar technology to the consumer, domestic production is not adapted to the production of components of sufficient quality systems and, as a consequence, forced to use imported, more expensive products, inhibit the spread of the alternative, including solar, energy in different regions of Russia.

A key factor in this work is the problem of power supply from the central grid to remote facility, which is possible to solve using solar and wind energy.

ANALYSIS OF NATURAL CONDITIONS FOR THE MANUFACTURE OF POWER SUPPLY SYSTEMS BASED ON RENEWABLE ENERGY SOURCE

For a right choice of a source of renewable energy it is necessary to determine precisely the power of its streams in an estimated place of their use. Implementation of this task assumes existence of a large number of information. Collecting such information is possible at the organization long and regular supervision and analyses of the obtained data on parameters of the chosen source.

Eventually the requirement of energy isn't constant. For example, the maximum need for electric energy - in morning and evening hours and minimum - at nights. Traditional power sources can be arranged under these fluctuations, regulating fuel consumption or water. When using nonconventional power sources, fluctuates not only demand for energy, but also power of sources isn't constant in time. Therefore, process of coordination of development and electricity consumption in system with RES represents a complex challenge.

All renewables, conditionally, are represented in three main types:

- chemical energy;
- mechanical energy;
- thermal and radiant energy.

Depending on type of a renewable source of energy, it possesses a certain set of the qualities of energy, inherent only in this type. It is necessary to understand that share of energy, necessary for turning into mechanical work as quality of energy of a renewable source. RES with mechanical energy possess rather high quality and are suitable for electricity generation.

Depending on a source, mechanical energy is capable to reach to 30% when using wind power. When using energy of water, this percent is much higher, to

75%, when using tidal and wave electro installations. Quality of thermal and radiant RES isn't strongly great (to 35%) and is limited to the second law of thermodynamics.

For power sources on the basis of photon processes (solar panels), at the moment technological progress, higher than 15% were practically not succeeded to receive quality. Only in space similar devices are capable to give out to 30%.

Generic experience in use of RES in practice showed that it is the excellent solution for power supply of the remote consumers who don't have the centralized power supply.

However, any RES isn't generic, capable to be used in any situation. Use of this or that type of a source, first of all, is defined by environment and necessary quantity of the demanded electric power. An important condition is also the cost of this or that source.

Being guided by the provided information, it is possible to choose the most economic and effective RES for these or those demanded conditions.

It is necessary to draw a conclusion that there is no simple and generic method of planning of power on the basis of renewables. The size of the area on which it is reasonable to plan power on renewable sources, can occupy the space with a radius about 250 km.

At development of power, it is worth remembering that more effectively and cheaper way, as a rule, is to increase energy efficiency of consumers than to increase number of sources of the electric power. After the analysis of characteristics of consumers and potential RES, it is necessary to synchronize them with each other. Synchronization assumes performance of the following conditions.

1. The designed power station assumes maximum efficiency of use of a renewable energy source. Losses at transfer of the electric power from a source to the

consumer have to be minimum for ensuring minimization of the sizes of the power equipment.

2. At design of control systems of renewable sources, it is necessary to remember that use of feedback between the consumer and a source is not effective. The developed energy will be spent not completely. The inefficiency of feedback is caused by continuous existence in surrounding space of streams of the used energy.

3. Coordination of consumption and energy production, without overestimate of power of the power station, is possible using storage units for generated energy.

4. At impossibility of coordination of the RES, installation and the consumer refuse this task. In that case, the renewable source of energy is connected to more powerful and generic power supply system.

5. Use of RES is the most effective option, where in each time point such number of consumers which total power corresponds to the developed source power at present is connected to a source [6].

For system of power supply of a ski resort in the Kemerovo region, will be considered such RES as the sun and wind.

Definition of power characteristics of wind

At the solution of tasks of an assessment of wind power potential, its contribution to system of power supply of this or that facility and ecology of the area existence of large volume of information on features of the wind mode in this area depending on time during the whole year is necessary.

Wind – the most changeable and not constant meteorological element.

Existence has very strong impact on speed and the direction of wind on surfaces of various obstacles (a relief, vegetation, water spaces, and artificial constructions). The bad impact of these obstacles is characterized by the parameter of a roughness of the spreading surface. The roughness of the spreading surface

has impact not only at a surface of the earth but also at rather big heights. This feature causes the necessary use of information on wind registered in various points only taking into account uniformity of the territory. If location of points and the considered meteorological stations does not differ, these meteorological stations can be considered as suitable. Data from meteorological stations can be applied to the points that are at distance to 50 kilometers. In the conditions of the open district, the indication of two relatives to each other stations degrees of its security can differ with the trees and buildings which are located around station depending on location of weather vane at station.

Later, conditions round stations are also subject to changes and they need to be considered in the analysis of the wind mode and degree of security of weather vane [7].

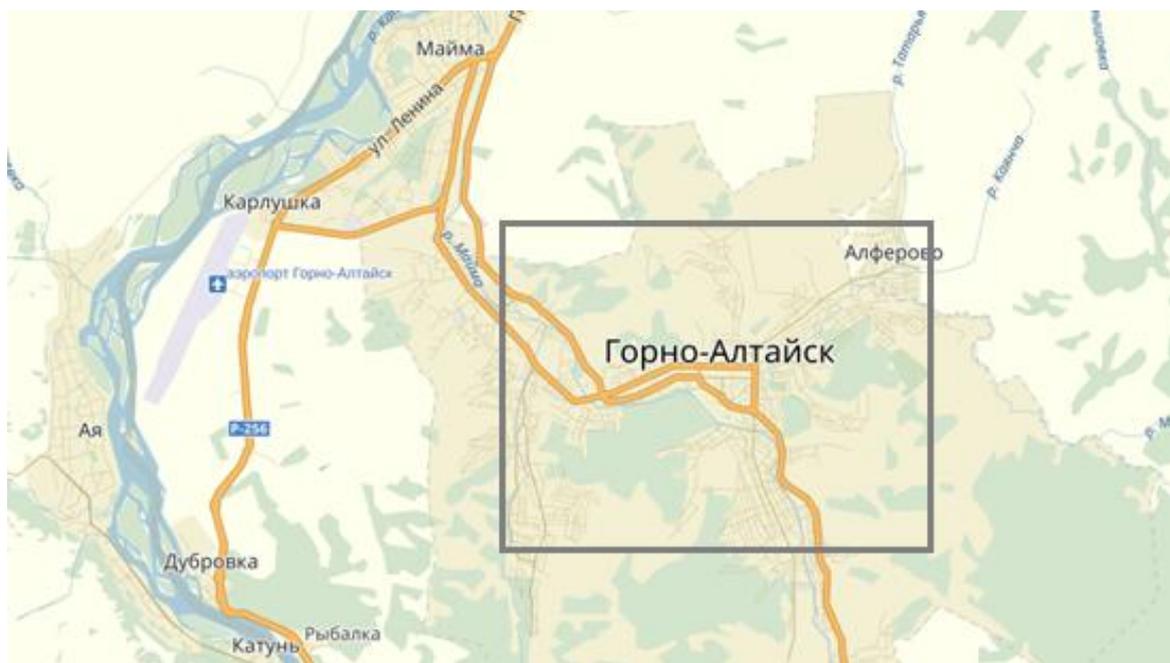


Figure 1 – Location

Wind power cadaster

Effective use of wind power is possible in case if there is exhaustive information on wind, power source and natural process. The assessment of efficiency of use of wind as source requires existence of the special characteristics reflecting natural structure and possibilities of use of wind. These characteristics are formed in the course of development of the wind power inventory.

Wind power cadastre is a set of the wind characteristics, reflecting its power value. The cadaster allows defining the most effective and possible operating modes of the projected wind power installation.

The main cadastral characteristics are as follows:

- wind power resources of the considered area;
- specific power and wind power;
- average speeds of wind for a certain period (day, month, and year);
- annual and daily course of wind;
- repeatability of the directions of wind;
- repeatability of speeds of wind during various temporary periods;
- duration without wind breaks;
- distribution of the wind periods;
- maximum speeds of wind.

The main data sources for the wind power inventory are long-term (tens of years) supervision from meteorological stations. Registered several times per day, data from these sources are exhaustive material for drawing up the wind power inventory. The main advantage of such data is that they are executed by a uniform technique and platforms with which are made supervision are classified by degree of their openness that does data unified and simplifies process of their analysis [8].

Average monthly and average annual speeds of wind

Average monthly and average annual speeds of wind for long periods are the main and basic data for drawing up characteristics of the general level about intensity of wind. According to the made characteristics, it is previously possible to judge prospects of placement of the wind power equipment in the demanded area. By drawing up characteristics, it is necessary to remember that wind speeds strongly depend on a roughness of the spreading surface and that data of meteorological stations can change together with change of the surrounding territory eventually. It needs to be considered by comparison of average speeds of wind to lead them to equal conditions [8].

For receiving reliable data about average speeds of wind of the territory, it is necessary to use considerable volume of measurements during rather long time.

Average speed of wind is defined as the arithmetic-mean value received as a result of numerous measurements of speeds of wind during equal periods during the set time span (day, month, and year).

$$V_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i, \quad (1.1)$$

where, V_{cp} – average speed, m/s;

n – the number of time periods;

V_i – wind speed in a certain period of time, m/s;

Results of calculations are presented in table 1.

Table 1 – Consolidate settlement data

Month	V_{cp} , m/s					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
January	2,09	1,83	1,84	3,02	2,01	1,68
February	2,17	2,04	2,26	2,54	2,25	2,17
March	3,35	2,38	3,29	3,45	3,03	2,46
April	3,36	3,46	4,13	4,73	2,74	2,65
May	4,03	3,52	4,61	5,62	2,86	2,34
June	3,16	2,43	3,92	3,31	2,47	2,36
July	3,16	2,67	2,87	4,27	2,25	2,68
Augustus	2,45	2,64	3,48	2,45	2,04	2,27
September	3,53	2,82	3,06	3,19	1,92	2,06
October	2,16	2,93	3,25	2,86	1,64	2,15
November	3,64	2,32	3,39	2,73	1,96	1,85
December	3,51	3,15	2,85	2,79	1,67	1,94

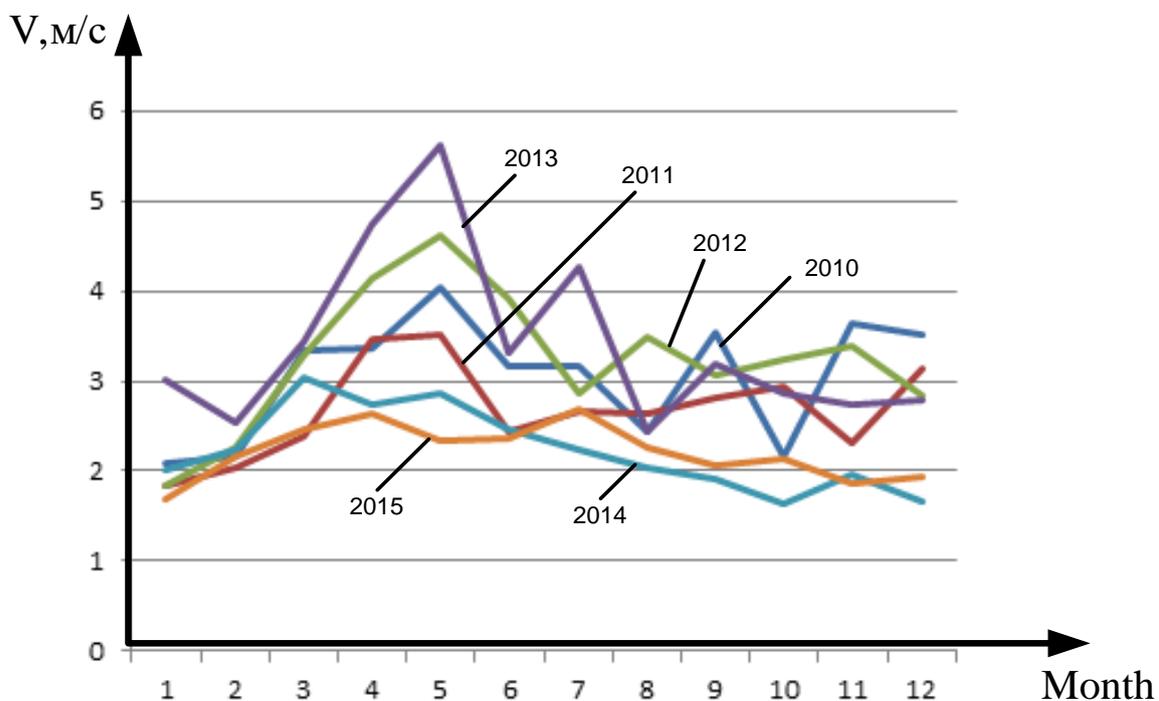


Figure 2 – Average wind speed for the 2010-2015 year (Gorno-Altai area)

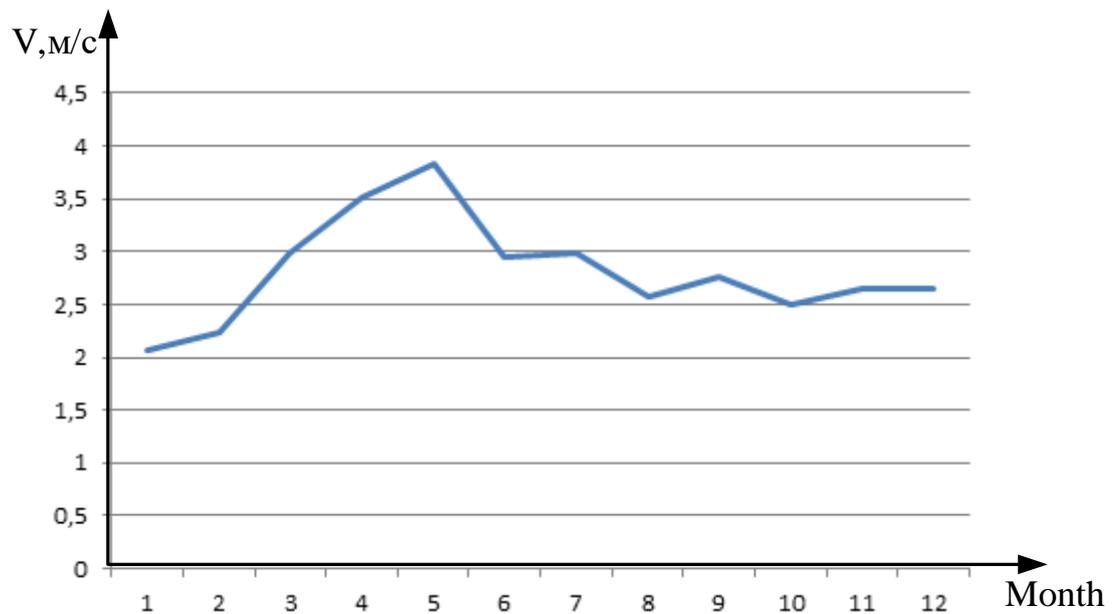


Figure 3 – The average value of wind power for the year for each month

The graph shows that the average annual wind speed is less than 3.5 m/s, so this region has poor wind energy potential.

Definition of power characteristics of sunlight

Sunlight is characterized by wide spectral range – from radio of waves to gamma radiation. At distance to 1 a.a. from the sun, density of a stream of its radiation makes 1360 W/sq.m. This size is called as a solar constant which actually isn't a constant: it changes within a year a little, reaching the maximum value in January when Earth is most close to the sun. Expression "the radiation stream density" is used for designation of power of the radiation coming to 1 sq.m of surface.

Density of a stream (power) of sunlight for reduction is called insolation. It is often used a concept of solar constant on the surface of Earth which is equal to value of insolation on the surface located at sea level and focused on the sun. This constant for convenience is assumed equal to 1000 W/sq.m that approximately corresponds to a sunlight stream in the clear sky at about noon. In reality, radiation stream density on the surface of Earth changes in time and its value is influenced by the large number of factors [11].

Solar radiation is influenced by a set of various factors: the overcast mode in various forms of relief, the width, district height above sea level, closeness of the horizon, various exposition of slopes and transparency of the atmosphere [12].

For an assessment of a renewable energy potential of solar energy it is necessary to define energy potential of solar insolation in the set region. The assessment is made on the basis of data by NASA. Data by NASA are used in the processed view from the RETScreen program.

The data given below are fair for 51°58' northern latitude and 85°58' east longitude.

For obtaining values of solar insolation for an inclined surface (35°), it is necessary to count values for horizontal surface according to the following technique.

Calculation procedure

1. Find the value of the declination of the sun:

$$\delta = 0,41 \times \sin \left(2 \times \pi \times \frac{(284 + N)}{365} \right) = -0,184$$

2. Determine the height of the sun and the angle of incidence of direct solar radiation on the ground at different angles to the horizontal plane:

$$\cos \theta = \sin \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos s -$$

$$\sin \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos s \cdot \cos \gamma + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos s \cdot \cos \omega +$$

$$\cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \sin s \cdot \cos \gamma \cdot \cos \omega + \cos \delta \cdot \sin s \cdot \sin \gamma \cdot \sin \omega$$

$$\sin \alpha = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega$$

3. Find the density of the total solar radiation falling on a sloping site in clear weather at different angles of inclination to the horizontal platform: [8]

$$Q_{\text{HAKЛ}}(\varphi, \omega, \gamma, s, N) = S_{\text{HAKЛ}}(\varphi, \omega, \gamma, s, N) + D_{\text{HAKЛ}}(\varphi, \omega, s, N)$$

$$S_{\text{HAKЛ}} = S_{\text{opt}} \cdot \cos \theta$$

$$S_{\text{opt}} = \frac{S_0 \cdot \sin \alpha}{\sin \alpha + c}$$

$$D_{\text{HAKЛ}} = D_{\text{zop}} \left(0,55 + 0,434 \cdot \cos \theta + 0,313 (\cos \theta)^2 \right)$$

$$D_{\text{zop}} = \frac{1}{3} (S_0 - S_{\text{opt}}) \sin \alpha$$

4. Determine the flow of the total solar radiation on a plane inclined to the horizon at the optimum angle in cloudy weather with clearings:

$$Q_{\text{OБЛ}}(\varphi, \omega, \gamma, s, N) = (S_{\text{HAKЛ}}(\varphi, \omega, \gamma, s, N) + D_{\text{HAKЛ}}(\varphi, \omega, s, N)) \cdot (1 - (a + bn)n)$$

To more accurately determine the optimum angle, we must find the total amount of energy received in the area of the plane during the day to, namely:

$$\int_{-\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{4}} Q_{\text{HAKЛ}} \left(\omega, \frac{\pi}{12} \right) d\omega = 822,364 \text{ J} / \text{m}^2$$

$$\int_{-\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{4}} Q_{\text{HAKЛ}} \left(\omega, \frac{\pi}{6} \right) d\omega = 1021 \text{ J} / \text{m}^2$$

$$\int_{-\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{4}} Q_{\text{HAKЛ}} \left(\omega, \frac{\pi}{4} \right) d\omega = 1156 \text{ J} / \text{m}^2$$

$$\int_{-\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{4}} Q_{\text{HAKЛ}} \left(\omega, \frac{\pi}{3} \right) d\omega = 1216 \text{ J} / \text{m}^2$$

Translate radians per hour: $1216 \text{ J/m}^2 \cdot \text{rad} = 1216 \cdot 12/3,14 = 4,647 \text{ kW}$

Table 2 – Insolation in the period from 2010 - 2015

Month	λ , kWh per day					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
January	3,4432	3,8721	3,7623	3,3554	3,4356	3,5039
February	4,6471	5,1986	4,8984	4,9847	4,5643	4,7363
March	5,0484	4,8934	5,1543	5,0873	5,0495	5,2845
April	5,663	5,4563	5,7934	5,5738	5,6783	5,3234
May	5,7516	5,9746	5,6908	6,0982	5,6795	5,9822
June	5,7248	6,0039	5,9872	5,9903	6,0193	5,6849
July	5,751	5,9456	5,9943	6,1304	5,7946	5,9044
Augustus	5,6178	5,8032	5,7849	5,6748	5,8399	5,8493
September	4,8955	4,6039	4,7893	5,0937	4,6897	4,9847
October	3,4395	3,9049	3,7848	4,0288	3,4563	3,3682
November	1,7942	2,3423	2,0493	1,9374	1,7484	2,1834
December	2,1961	2,5367	2,3948	2,2494	2,1965	2,4983

Average daily and monthly amount of solar radiation for each month are shown in the table below:

Table 3 – Average daily and monthly solar radiation amount

	Jan.	Febr.	March	April	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Ср.днев.	3,56	4,83	5,08	5,58	5,85	5,89	5,91	5,8	4,83	3,64	2,99	2,34
Ср.мес.	106,8	144,9	152,4	167,4	175,5	176,7	177,3	174	144,9	109,2	89,7	70,2

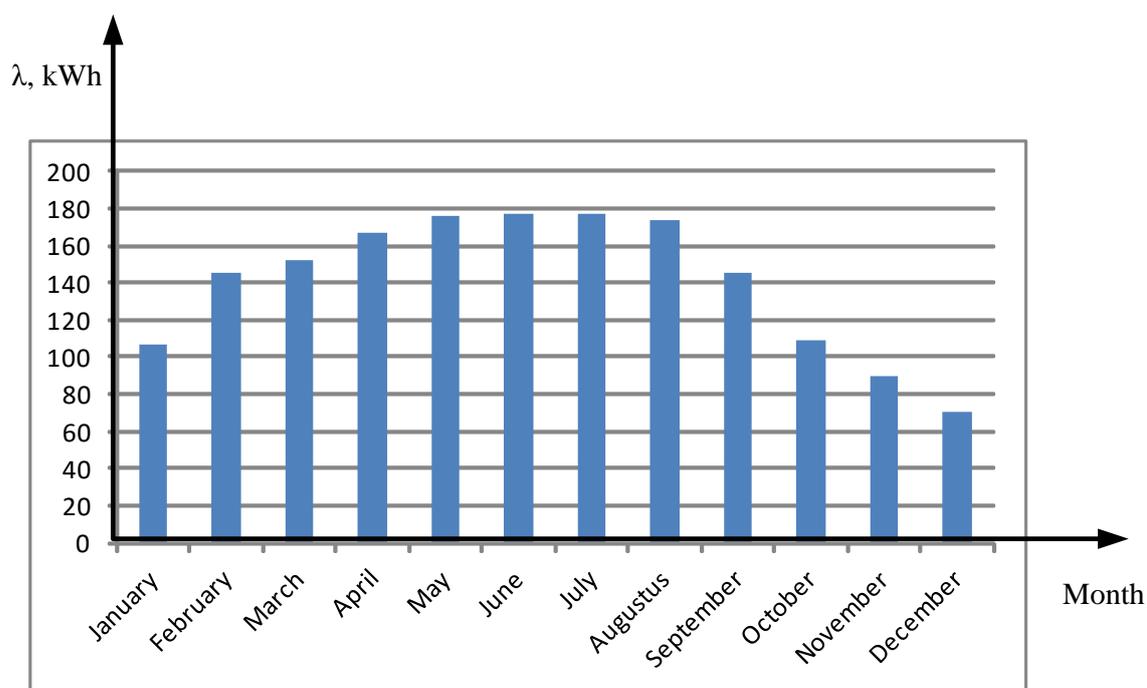


Figure 4 – Monthly solar energy

Analyzing the graphs, you can draw the following conclusion:

- 1) The most favorable months are the months from March to September inclusive for solar modules, as they are characterized by the highest values of total solar radiation.
- 2) December is characterized by a minimum amount of total solar radiation and the maximum demand for electricity. The use of solar panels in a given month should be implemented as part of a hybrid power plant using fuel energy sources.
- 3) In general, electricity facility will be effective with the year round sunshine of energy resources, but only with the use of fuel resources, when needed.

CONCLUSION

Analysis of renewable energy in Gorno-Altaiisk showed that the region has poor wind potential. Peak average wind speed is 3.5 m/s. Solar potential is high. The analysis showed that the sunlight during the period of winter and autumn makes on average 4,235 kWh per square meter. Comparing the potential of the sun and the wind, the sun has the greatest potential.

REFERENCES

- 1) Udalov S.N. Renewable energy: studies. allowance / S.N. Udalov. - 3rd ed., revised. and add. - Novosibirsk: Publishing House of the NSTU, 2014. - 459 p. + col. incl. - (Series «Textbooks NSTU»);
- 2) Zhuravlev G.G., Zadde G.O. ASSESSMENT WIND ENERGY POTENTIAL KEMEROVO REGION / - Bulletin of Tomsk State University. 2013. № 376. C. 175-181 p.;
- 3) Minin V.A., Dmitriev G.S., Ivanova E.A., Moroshkina T.N., Nikiforova G.V. Wind energy resources of the Murmansk region and the possibility of industrial use / - (Branch KSC - Center of Physical and Technical Problems of Energy in the North);
- 4) Lukutin B.V. Renewable energy: a tutorial / - Tomsk: Publishing house of Tomsk Polytechnic University, 2008.- 87 p.;
- 5) Bezrukikh P.P. The concept of using wind power in Russia. / - M .: Book - Penta, 2005. - 128 p.;
- 6) da Rosa, Aldo V. Renewable Energy. Physical and technical bases: tutorial: lane. from English. / AV da Rosa. - Dolgoprudny; Moscow: Publishing House Intelligence Dept, 2010. - 704 p .: ill. - Bibliography .: p. 703.;
- 7) Lukovskaya I.A. Ecological and climatic resources Kuznetsk-Salair Mountain area: abstract, 2010.-22.;
- 8) Nikolaev A.A. INDIRECT METHOD OF CALCULATING THE CHARACTERISTICS OF SOLAR RADIATION / - Bulletin of Udmurt University, 2013 Vol.1