

УДК 621.311.25 (045)
DOI 10.22213/2410-9304-2018-2-145-156

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НАСУЩНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

В. А. Стародубцева, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

В. А. Орлов, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

М. В. Тюлькин, ст. преподаватель, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

А. С. Мазитов, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

В работе установлено, что электрогенерирующий сектор экономики наносит ощутимый ущерб окружающей среде за счет выбросов в атмосферу углекислого газа. Как минимум 89 % выбросов, связанных с производством энергии, можно предотвратить, заменив традиционные источники энергии альтернативными, к которым относятся: ветроэнергетика, гелиоэнергетика, геотермальная энергетика, гидроэнергетика, космическая энергетика, биоэнергетика.

Проведенный анализ показал: отрасль гелиоэнергетики технически достаточно хорошо развита и широко используется не только за рубежом, но и в нашей стране. Правительство принимает все возможные решения для обеспечения развития альтернативной энергетики.

В статье рассмотрены задачи, стоящие перед гелиоэнергетикой: повышение энергоэффективности солнечных батарей, которая напрямую зависит от мощности самих панелей, а также от погодных условий (интенсивности солнечного света, температуры) и более эффективное использование действующих активов альтернативной энергетики.

Проблему перераспределения энергии между различного вида источниками можно решить посредством применения новых сервисов в энергетике, основанных на технологии распределенного реестра – технологии Blockchain. Применение технологии Blockchain помогает осуществлять контроль за потоками энергии, защитить систему контроля и учета за движением энергии от постороннего вмешательства, исключить возможность манипуляции данными отдельных участников энергопотребления и энергопроизводства в свою пользу.

Авторами предложены пути решения вышеперечисленных проблем гелиоэнергетики.

Ключевые слова: альтернативная энергетика, гелиоэнергетика, солнечная панель, аккумуляторная батарея, микроконтроллер, блокчейн, умные электрические сети.

Введение. Гелиоэнергетика: развитие, применение, проблемы

Из года в год возрастает потребление электрической энергии человеком. Это происходит в результате действия ряда факторов – таких как рост населения земного шара, увеличение в два раза мирового объема производства. Рост энергетического спроса ставит перед нами двойную задачу: удовлетворение потребностей людей в энергоносителях с одновременным снижением рисков, связанных с изменением климата. Эти риски требуют принятия незамедлительно определенных мер для достижения каких-либо ощутимых результатов.

Основные источники энергии функционируют за счет добываемых природных ископаемых: нефти, природного газа и угля, относящихся к невозобновляемым источ-

никам энергии. Запасы природных ископаемых ограничены. Однако в полной мере обходиться без них пока не научились. К сожалению, человечество расходует горючие ископаемые с большей скоростью, чем та, с которой они способны образовываться.

Компания ExxonMobile провела в 2005 г. исследования, которые показали, что энергетические потребности возрастают на 1,3 % ежегодно. К концу 2030 г. прогнозируется их увеличение на 40 %. В основном этот рост придется на электрогенерирующий сектор. Именно этот сектор экономики наносит наибольший ущерб окружающей среде за счет выбросов в атмосферу углекислого газа (CO₂).

Пополнить постоянно возрастающие потребности в энергии могут помочь альтернативные источники энергии, позволяющие

получить ее из возобновляемых или практически неисчерпаемых природных ресурсов и явлений. Источники альтернативной энергии отличаются также экологичностью и экономичностью. Исследования компании ExxonMobile показали, что наибольшее количество выбросов ($\approx 89\%$) приходится на производство электроэнергии. Выбросы можно уменьшить, заменив традиционные источники энергии альтернативными.

К отраслям альтернативной энергетики относятся:

– Ветроэнергетика – преобразование и применение энергии ветра.

– Гелиоэнергетика – преобразование и применение энергии Солнца.

– Геотермальная энергетика – преобразование и применение энергии, содержащейся в недрах Земли.

– Гидроэнергетика – преобразование и применение энергии естественного движения, течения водных масс. Различают: плотинные, приливные, волновые электростанции.

– Космическая энергетика – преобразование и применение энергии движущихся заряженных частиц природной плазмы в магнитосфере планет.

– Биотопливо – это вид топлива, которое получают из различных биологических отходов.

Одним из способов получения простой, а следовательно, и дешевой электроэнергии является использование солнечных батарей, преобразующих энергию, полученную днем от Солнца, в тепловую, электрическую или световую. Отсутствие выбросов углекислого газа является основным преимуществом систем солнечной фотоэнергетики в процессе работы [1].

С момента открытия А. Э. Беккерелем в 1839 г. фотогальванического эффекта началось развитие гелиоэнергетики. В 1883 г. Чарльз Фриттс сконструировал первый модуль с использованием солнечной энергии для получения электричества. Основой модуля послужил селен, покрытый тонким слоем золота. Между открытиями А. Э. Беккереля и Ч. Фриттса прошло сорок четыре года. Испытав свой модуль, исследователь пришел к выводу, что данное сочетание

элементов позволяет преобразовывать солнечную энергию в электричество, пусть и в минимальной степени (не более одного процента). Итак, первая солнечная батарея имела КПД только 1 %.

Очередной толчок в развитии гелиоэнергетики дали исследования Альберта Эйнштейна. В 1905 году он изучил особенности внешнего фотоэффекта, и появились теоретические обоснования для создания солнечных батарей с более высоким КПД. Кстати, великий ученый получил в 1921 году Нобелевскую премию именно за изучение внешнего фотоэффекта, а не за обоснование знаменитой теории относительности.

В середине XX века изучения в области диодов и транзисторов дали нужные для ученых познания. В 1954 году Гордон Пирсон, Дэррил Чапин и Кэл Фуллер создали солнечный элемент, изготовленный на основе кремния, имеющий КПД уже 4 %. В дальнейшем КПД ячейки было увеличено до 15 %, а в наше время КПД солнечных панелей достигает 45 %.

Из всех отраслей альтернативной энергетики наиболее развитой в настоящее время является преобразование солнечной энергии в электрическую. Россия обладает передовыми технологиями производства фотоэлектрических преобразователей как на кремниевых, так и на многопереходных структурах.

Ускорению развития солнечной энергетики в России во многом способствует законодательная база. Приняты и введены в действие:

– 3 июля 2008 г.: Постановление Правительства РФ № 426 «О квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии»;

– 8 января 2009 г.: Распоряжение Правительства РФ № 1-р «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 г.»;

– 17 октября 2009 г.: Постановление Правительства РФ № 823 «О схемах и програм-

мах перспективного развития электроэнергетики».

Области применения солнечной энергии, развитые в настоящее время, весьма разнообразны.

Стационарные солнечные электростанции

Суммарная установленная мощность солнечных электростанций ЕЭС России на 1 января 2017 года составляла всего 0,03 %

от установленной мощности электростанций энергосистемы страны [2]. Крупнейшая российская солнечная электростанция «Перово» (рис. 1) общей мощностью 105,56 МВт, расположенная возле села Ключи, Перовского сельского совета в Крыму. Электростанция состоит из 440 000 кристаллических солнечных фотоэлектрических модулей, соединенных 1500 км кабеля и установленных на площади более 200 га.



Рис. 1. Солнечная электростанция «Перово»

Автономные электростанции

Установки используются для освещения и бытовых нужд частных домов, небольших населенных пунктов. Их использование позволяет существенно экономить затраты на электроэнергию, а в ближайшем будущем даже зарабатывать на продаже электроэнергии (рис. 2).



Рис. 2. Установка солнечных батарей на крыше частного дома

Уличное освещение

Наиболее перспективно использование солнечных батарей для уличного освещения. В течение солнечного дня происходит накопление солнечной энергии. В вечернее и ночное время светильники включаются и расходуют запасенную аккумулятором днем энергию. Лампа осветительного прибора автоматически включается от фотоэлемента, реагирующего на естественное уличное освещение. На этом же принципе от модулей солнечных батарей можно освещать остановочные комплексы, переходы и светофоры.

Приведенные примеры свидетельствуют о том, что отрасль гелиоэнергетики технически достаточно хорошо развита и дальнейшее ее изучение может быть связано с исследованием возможности улучшения параметров солнечной электростанции, повышения ее надежности и экономичности [3, 4].

Эти задачи требуют решения технических и экономических вопросов. Одной из

технических задач гелиоэнергетики является повышение энергоэффективности солнечных батарей, которая напрямую зависит от мощности самих панелей, а также от погодных условий (интенсивности солнечного света, температуры).

С экономической точки зрения требуют решения вопросы учета энергии, поступающей не только из системы энергоснабжения, но и от альтернативных источников энергии в единую энергетическую систему (рис. 3).



Рис. 3. Светодиодный уличный светильник ТЭС 80 на солнечных батареях

Повышение мощности солнечных батарей при любых погодных условиях

Одной из главных задач гелиоэнергетики является определение энергоэффективности солнечных батарей, которая напрямую зависит от мощности самих панелей, а также от погодных условий (интенсивности солнечного света, температуры). Гелиоэнергетическая панель состоит из массива ячеек, выход которых подается на инвертор, преобразующий постоянный ток на выходе солнечных панелей в переменный. Данные инверторы должны передавать максимум мощности от фотогальванических панелей, к которым подключаются [5, 6].

Для получения максимальной мощности от фотоэлектрических панелей, независимо от погодных условий, необходимо работать с отслеживанием точки максимальной мощности ОТММ. Для достижения этой цели микроконтроллер, используемый в солнечных батареях, должен отслеживать точку максимальной мощности (ОТММ), которая и будет ключом к высокой эффективности солнечной энергосистемы.

О свойствах солнечной панели можно судить по вольт-амперной характеристике (ВАХ), на которой существует уникальная точка с координатами (U_{mpp}, I_{mpp}) (рис. 4). В этой точке ее выходная мощность достигает своего максимума. Поэтому для достижения максимальной эффективности при работе солнечной панели необходимо использовать алгоритм отслеживания точки максимальной мощности (ОТММ) [7]. Это позволит передавать в нагрузку максимально возможную при данных условиях мощность солнечного модуля. Выполнение этой задачи осложняется нелинейной зависимостью генерируемого солнечным модулем тока от его выходного напряжения. Кроме того, необходимо учитывать зависимость генерируемой мощности от солнечного излучения и температуры.

Принципиальное отличие микроконтроллера с функцией ОТММ от остальных состоит в том, что он находит и отслеживает точку максимальной мощности солнечной батареи и использует всю доступную мощность путем широтно-импульсного преобразования при всех режимах заряда, а не только при последнем режиме для поддержания предельного напряжения зарядки. Алгоритм отслеживания полностью автоматический и не требует вмешательства пользователя в настройки, программа микроконтроллера отслеживает напряжение в точке максимальной мощности, поскольку оно изменяется в зависимости от погодных условий, что позволяет получать максимальную мощность в течение дня.

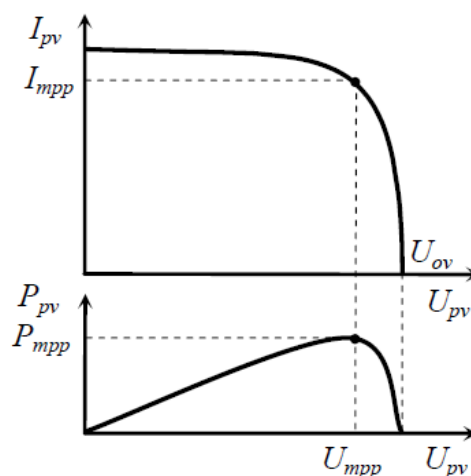


Рис. 4. Вольт-амперная характеристика солнечной панели

Напряжение в точке максимальной мощности, например для 12-вольтовых моделей солнечных батарей, обычно равно 17,5 В. При использовании микроконтроллера без функции ОТММ напряжение на выходе солнечной батареи равно напряжению на заряжаемом аккумуляторе и лежит в пределах 11–14,5 В. Соответственно, мощность солнечных батарей используется не полностью, часть мощности теряется, и потери ее тем больше, чем глубже был разряд аккумулятора.

Для отслеживания точки максимальной мощности (ОТММ) используются цифровые устройства, анализирующие вольт-амперную характеристику с целью определения оптимального режима работы фотомодуля. При отслеживании точки максимальной мощности измеряются выходные характеристики фотоэлемента с целью подбора подходящего сопротивления (нагрузки) для получения максимальной мощности в любых условиях окружающей среды. Подобные устройства обычно интегрируются в преобразователь электрической энергии, который обеспечивает преобразование тока или напряжения, фильтрацию и управление различными нагрузками. Микроконтроллеры обычно используют один из четырех методов для оптимизации выходной мощности солнечных панелей [8].

Метод возмущение и наблюдение (ВиН)

В этом методе устройство ОТММ на небольшую величину изменяет входное сопротивление, вследствие чего изменяется напряжение солнечной установки, и измеряет мощность, если мощность увеличивается – контроллер продолжает изменять напряжение в этом же направлении, пока мощность не перестанет увеличиваться. Этот метод является наиболее распространенным, несмотря на то, что он приводит к колебаниям мощности. Также этот метод упоминается как метод восхождения, потому что он зависит от кривой $P = f(U)$, которая возрастает до точки максимальной мощности и убывает после этой точки. Распространенность этого метода обусловлена простотой его реализации. Метод возмущения и наблюдения будет высокоэффектив-

ным, если обеспечить точный предсказывающий и адаптирующийся алгоритм восхождения.

Метод возрастающей проводимости

В этом методе контроллер измеряет увеличение тока и напряжения солнечной установки, чтобы предсказать эффект от изменения напряжения. Метод возрастающей проводимости требует больше вычислений в контроллере, но он может отслеживать изменения условий быстрее метода возмущения и наблюдения (ВиН). Как и метод ВиН, он приводит к колебаниям мощности. Этот метод использует возрастающую проводимость dI/dU массива солнечных панелей для вычисления знака изменения мощности по отношению к напряжению dP/dU . Метод возрастающей проводимости вычисляет точку максимальной мощности, сравнивая возрастающую проводимость $\Delta I/\Delta U$ с проводимостью массива солнечных панелей I/U . Когда эти величины одинаковы $I/U = \Delta I/\Delta U$, выходное напряжение является напряжением максимальной мощности. Контроллер поддерживает это напряжение, пока не изменится инсоляция, после изменения процесс повторяется [9].

Метод токовой развертки

Этот метод использует сигнал развертки для тока массива солнечных панелей для обновления ВАХ через фиксированные промежутки времени. Напряжение максимальной мощности вычисляется по характеристике с той же периодичностью.

Метод постоянного напряжения

Термин «метод постоянного напряжения» в отслеживании точки максимальной мощности используется для описания разных техник разными авторами. Этим термином называют метод, при котором выходное напряжение регулируется постоянной величиной, независимо от условий, или метод, в котором величина определяется отношением текущего выходного напряжения к напряжению холостого хода (U_{oc}). Некоторые авторы называют последний метод «напряжение холостого хода». Когда выходное напряжение массива не изменяется, контроллер не пытается отслеживать

точку максимальной мощности, то есть, строго говоря, рабочая точка не является точкой максимальной мощности. Но этот метод в сложных случаях, когда другие методы ошибаются, продолжает работать, поэтому его иногда используют вместе с другими методами. Контроллер, работающий по этому методу, на мгновение отключает массив от нагрузки и замеряет напряжение холостого хода, после этого контроллер продолжает работу с напряжением, управляемым постоянным коэффициентом, например 0,76 от напряжения холостого хода U_{xx} . Как правило, это значение было определено как точка максимальной мощности либо эмпирически, либо на основе моделирования для ожидаемых условий эксплуатации. Таким образом, рабочая точка массива солнечных панелей устанавливается рядом с точкой максимальной мощности путем регулирования напряжения массива и сопоставления его с фиксированным опорным напряжением $U_{ref} = kU_{oc}$. Значение U_{ref} может быть настраиваемым для того, чтобы получить оптимальную производительность по отношению к другим факторам, в том числе точке максимальной мощности, но основная идея этой методики в том, что U_{ref} определяется как отношение к U_{oc} . Одним из присущих приближений этого метода является то, что отношение напряжения максимальной мощности к U_{oc} является приблизительно постоянной и оставляет пространство для дальнейшей возможной оптимизации.

Микроконтроллер не только отслеживает точку максимальной мощности солнечных панелей, но также контролирует процесс заряда аккумуляторных батарей посредством предусмотренных алгоритмов. Программа микроконтроллера имеет 4-ступенчатый алгоритм быстрой, эффективной и безопасной зарядки аккумуляторных батарей, а также защиту от перезаряда.

Основной заряд

Система в темное время суток использует энергию, накопленную в аккумуляторных батареях для питания нагрузки. Напряжение полностью заряженных аккумуляторных

батарей может быть близким к максимальному напряжению солнечных панелей, но утром, когда аккумуляторные батареи разряжены, их напряжение намного меньше напряжения солнечных панелей. На этом этапе 100 % доступной мощности, получаемой от солнечной панели, используется для зарядки аккумулятора до тех пор, пока напряжение аккумуляторных батарей не достигнет максимального значения, затем алгоритм микроконтроллера переключится в режим ускоренного заряда.

Ускоренный заряд

Когда аккумуляторные батареи зарядятся до максимального значения напряжения, алгоритм микроконтроллера переключится в режим ускоренного заряда. Заряд аккумуляторных батарей происходит в течение 120 минут, затем алгоритм переключается в режим удержания. Режим ускоренного заряда используется для предотвращения нагрева и чрезмерного выделения газов внутри аккумуляторных батарей. Если контроллер не обнаруживает ни разряженные аккумуляторные батареи, ни перенапряжение, он переходит в режим ускоренного заряда.

Режим удержания

После этапа ускоренного заряда алгоритм микроконтроллера подключит солнечные панели к нагрузке, тем самым снижая мощность, потребляемую нагрузкой от аккумуляторных батарей. В момент когда батарея полностью заряжена, в ней приостанавливается протекание химических реакций, и протекание зарядного тока вызывает выделение тепла и газа. Тогда контроллер подключает солнечные панели к нагрузке, в то же время заряжая аккумуляторные батареи меньшим током. Это снижает температуру батареи и предотвращает газообразование, в то же время происходит подпитка аккумуляторных батарей. Целью режима удержания является предотвращение газообразования и перегрева аккумуляторных батарей, при этом продолжая питание нагрузки и сохраняя полную мощность аккумуляторных батарей.

В режиме удержания подключенная нагрузка продолжает получать питание от аккумуляторных батарей, но в случае если мощность нагрузки в системе превышает

мощность, поступающую от солнечных панелей, и как только микроконтроллер не будет в состоянии поддерживать максимальное значение напряжения аккумуляторных батарей, алгоритм микроконтроллера выходит из режима удержания и возвращается к ускоренному заряду.

Ограничение заряда

Когда аккумуляторные батареи зарядятся до максимального значения напряжения, а мощности потребляемой нагрузки в системе будет недостаточно, чтобы ограничить ток, протекающий по аккумуляторным батареям, алгоритм микроконтроллера переключится в режим ограничения заряда, отключив при этом аккумуляторные батареи от солнечных панелей для предотвращения перезаряда аккумуляторных батарей.

Использование микроконтроллера с функцией ОТММ позволяет увеличить количество используемой солнечной энергии от одной и той же солнечной батареи от 10 до 30 %, в зависимости от глубины разряда аккумулятора, применяемого в системе, за счет использования всей доступной мощности, поступающей от солнечной панели при всех режимах заряда.

Для проверки вышеприведенных рассуждений была собрана схема контроллера заряда (рис. 5) с поддержкой функции отслеживания точки максимальной мощности (ОТММ), в основе которой применен микроконтроллер AVR ATMEL mega328p, размещенный на платформе Arduino NANO.

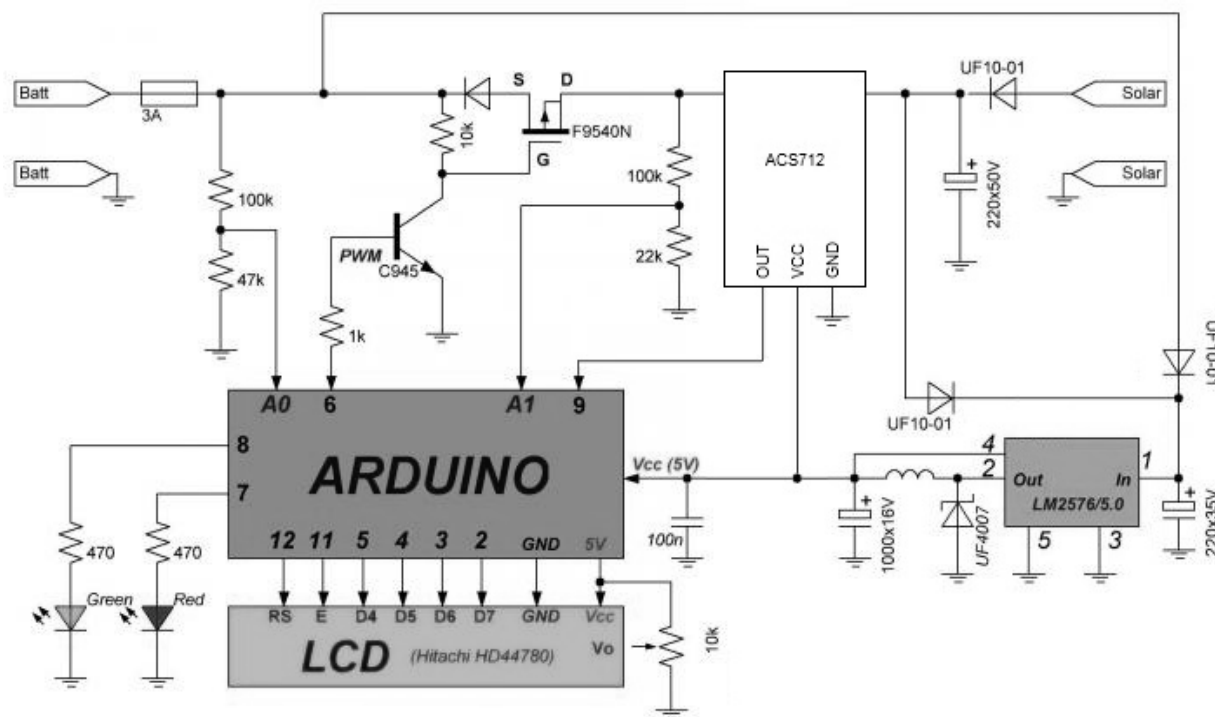


Рис. 5. Схема испытания контроллера заряда

Разработан соответствующий исполняемый код на языке C в среде CodeVisionAVR, произведена его компиляция и запись полученного машинного кода в микроконтроллер.

При использовании солнечной панели со значениями напряжения в точке максимальной мощности (ТММ) 17,5 В и током 0,29 А мощность, получаемая на входе контролле-

ра заряда, составит $P = 17,5 \cdot 0,29 = 5$ Вт. Так как напряжение на выходе контроллера заряда равно напряжению аккумуляторной батареи и при ее глубоком разряде составляет 12 В, значение тока на выходе составит 0,41 А, т. е. ток на выходе контроллера заряда гораздо выше тока солнечной панели, благодаря этому системой используется

вся получаемая мощность от солнечной панели.

Возьмем для сравнения on/off контроллер заряда. Его мощность на выходе составила бы $P = 12 \cdot 0,29 = 3,4$ Вт, т. е. потери мощности составили бы 1,6 Вт или 32 % мощности солнечной панели (при разряженной аккумуляторной батарее). В процессе заряда и роста напряжения на аккумуляторной батарее значение потерь будет снижаться, но в любом случае составит не менее 10 %. Использование микроконтроллера AVR с функцией ОТММ имеет явные преимущества.

Предпосылки использования Blockchain в электроэнергетике

Возможность повышения производительности солнечных батарей приводит к переизбытку энергии, вырабатываемой в автономных солнечных электростанциях, и в перспективе передачи излишков в общую сеть.

Согласно Указу Президента РФ от 15 июня 2012 г. за № 859 «О стратегии развития топливно-энергетического комплекса и экологической безопасности», одной из приоритетных задач в электроэнергетике является разработка, внедрение и развитие программ по перспективным, современным технологиям.

Указом определены и остаются актуальными по сей день ключевые направления развития электроэнергетики: введение нового формата электроэнергетики, более эффективное использование действующих ак-

тивов и оборудования, применение улучшающих технологий [10]. Этим указом создана юридическая база для передачи энергии от индивидуальных электростанций в общую сеть. Однако решение этого вопроса тормозится развитием системы контроля и учета за величиной и направлением передачи энергии.

Эту проблему можно разрешить посредством применения новых сервисов в энергетике, основанных на технологии распределенного реестра – технологии *Blockchain* [11].

Blockchain – выстроенная по определенным правилам непрерывная последовательная цепочка блоков, содержащих информацию. Чаще всего копии цепочек блоков хранятся и обрабатываются на множестве разных компьютеров [11].

Технология Blockchain – это технология надежного распределенного хранения достоверных записей определенных параметров, собранных в системе электроэнергетики. Эта технология обеспечивает фиксирование информации и ее защиту от подмены и подделки.

Принцип работы технологии Blockchain

Blockchain – это цепочка блоков данных, где каждый блок связан с предыдущим. Блок содержит в себе набор записей. А новые блоки всегда добавляются строго в конец цепочки (рис. 6).



Рис. 6. Цепочка блоков данных в Blockchain

Данная цепочка является весьма простой, она построена на трех основных принципах:

- Распределенность.
- Открытость.
- Защищенность.

Все пользователи Blockchain образуют собой сеть компьютеров, на каждом из которых хранится копия всех данных структу-

ры Blockchain или часть данных, нужных лишь для конкретного компьютера.

Благодаря этому разрушить Blockchain практически невозможно, поскольку для этого надо выключить или сломать все компьютеры. Пока есть хоть один пользователь, Blockchain существует, каждый новый пользователь расширяет и укрепляет эту сеть. Причем все компьютеры равноправны, там

нет организаторов, модераторов, контролеров и менеджеров. Каждый отвечает за себя сам.

Все данные Blockchain – блоки и их содержимое – открыты всегда и для всех. Легко можно прочитать любой блок и увидеть все записи в этом блоке. Можно посмотреть цепочку и отследить изменение информации. Таким образом, все данные в Blockchain легко проверяемы, но они не могут быть изменены другим пользователем сети без специального ключа доступа.

Для защиты данных пользователей в Blockchain широко используется шифрование. Благодаря этому одновременно можно получить, казалось бы, несовместимое – открытость и достоверность при полном исключении недоверия и, возможно, даже злонамеренного умысла.

Сеть узлов Blockchain

Структура Blockchain представляет собой объединение всех узлов сети [12]. Узел (нода) – компьютер, подключенный к сети Blockchain с помощью клиента, который выполняет задачу проверки и передачи транзакций, а также получает копию, которая загружается автоматически при присоединении к Blockchain-сети.

Вместе эти узлы создают мощную сеть, сеть более высокого уровня. Это совершенно иное видение того, как может функционировать компьютерная сеть (рис. 7).

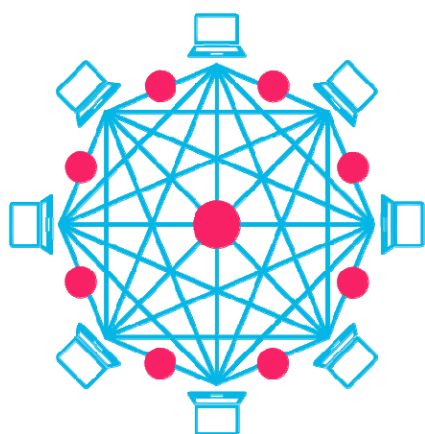


Рис. 7. Узел Blockchain-сети

Обычные распределительные компьютерные сети имеют централизованную структуру, а сети Blockchain – децентрализованную, где каждый узел является «адми-

нистратором» и присоединяется к сети добровольно [13] (рис. 8).

Централизованная Децентрализованная

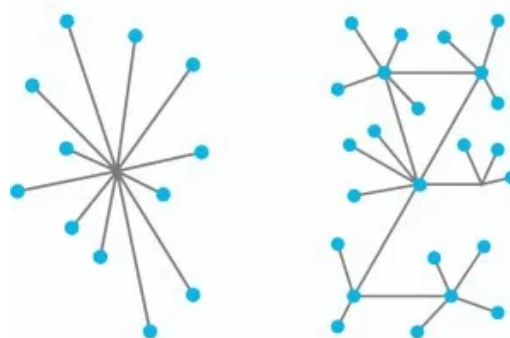


Рис. 8. Децентрализованная структура сети Blockchain

Технологии Blockchain обладают как достоинствами, так и недостатками.

Достоинства:

- экономическая эффективность;
- прозрачность работы сети;
- безопасность для базы данных;
- защита от коррупции;
- возможность создать в Blockchain-сети отраслевой альянс, подключив к нему поставщиков электроэнергии, распределительные сети, партнеров и конкурентов.

Недостатки:

- производительность Blockchain-систем ниже, чем уже развитых на данном этапе высоконагруженных систем, что объясняется новизной технологии и малоизученностью проблемы;
- отсутствие высококвалифицированных специалистов в области технологии Blockchain на данном этапе ее развития;
- значительные инвестиции для развития инфраструктуры Blockchain;
- для поддержания функционирования системы нужен значительный штат собственных специалистов, обслуживающих отраслевые сети Blockchain [14].

Электроэнергия, полученная от альтернативных и возобновляемых источников энергии, например генерируемая солнцем или ветром, физически ничем не отличается от той, что производится в результате применения традиционных источников энергии, например сжигания угля, мазута или газа. Альтернативная энергия считается «чистой»

электроэнергией, в отличие от энергии, полученной традиционным путем. Проблемой для поставщиков, производителей и профильных инвесторов является невозможность отследить долю поступающей энергии, полученной различными способами. Это делает инвестиции в альтернативную энергетику недостаточно прозрачными и тормозит ее развитие [15, 16].

Blockchain станет основой для управления электрическими сетями будущего, т. к. позволит отслеживать оборот электроэнергии. В индустриях, где потребители и поставщики образуют связанную сеть, такая сеть эволюционирует, и в какой-то момент потребители сами смогут стать поставщиками.

Выводы

1. Солнечная энергия в настоящее время является самой изученной и технически разработанной отраслью энергетики. Однако имеются проблемы, связанные с энергоэффективностью рассматриваемой отрасли энергетики.

2. В статье предложено для повышения энергоэффективности работы солнечных батарей, особенно работающих в условиях недостаточной интенсивности солнечного света, использовать микроконтроллер с функцией отслеживания точки максимальной мощности ОТММ.

3. Развитие энергетики от альтернативных источников энергии неизменно приведет к вопросам перераспределения ее между потребителями. Эту проблему можно разрешить посредством применения новых сервисов в энергетике, основанных на технологии распределенного реестра – технологии *Blockchain*.

Библиографические ссылки

1. Стародубцева В. А., Мазитов А. С. Альтернативная энергия. Солнечные батареи // Приборостроение в XXI веке – 2016. Интеграция науки, образования и производства : сборник материалов (электронная издание) XII Международной научно-технической конференции. Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2017. 394 с.

2. Отчет о функционировании ЭЭС России в 2016 году (рус.). URL: <http://time56.ru/news/lenta-novostey/orskaya-solnechnaya-stantsiya-nachnet-vyrabatyvat>.

3. Перечень квалифицированных генерирующих объектов, функционирующих на основе возобновляемых источников энергии (рус.). URL: http://ais.np-sr.ru/ru/activity/priority/pnd/SR_0V054304.

4. Указ Президента РФ от 15 июня 2012 г. № 859 «О Комиссии при Президенте Российской Федерации по вопросам стратегии развития топливно-энергетического комплекса и экологической безопасности» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс] // Информационно-правовое обеспечение «Гарант» [Сайт]. URL: <http://base.garant.ru/70189914> (дата обращения: 18.10.2017).

5. Микроконтроллеры AVR. Вводный курс / Мортон Дж. ; пер. с англ. М. : Издательский дом «Додека-XXI», 2006. 272 с.

6. Программирование микроконтроллеров ATMEGA на языке C / Прокопенко В. С. Киев : СПб., 2012. 320 с.

7. Elgendy M. A., Zahawi B., Atkinson D. J. Assessment of perturb and observe MPPT algorithm implementation techniques for PV pumping applications. IEEE Transactions on Sustainable Energy, vol. 3, no. 1, 2012, pp. 21-33. DOI: 10.1109/TSTE.2011.2168245.

8. Kobayashi K., Matsuo H., Sekine Y. A novel optimum operating point tracker of the solar cell power supply system. Power Electronics Specialists Conference, PESC 04, 2004 IEEE 35th Annual, 2004, pp. 2147–2151. DOI: 10.1109/PESC.2004.1355451.

9. Salas V., Olias E., Barrado A., Lazaro A. Review of the maximum power point tracking algorithms for stand-alone photovoltaic systems. Solar Energy Materials and Solar Cells 90, 2005, pp. 1555–1578. DOI:10.1016/j.solmat.2005.10.023.

10. Окашин П. Как блокчейн может создать «умную» и «чистую» электросеть [Электронный ресурс] // Национальная ассоциация нефтегазового сервиса [Сайт]. URL: <https://nangs.org/news/technologies/kak-blokchejn-mozhet-sozdat-umnuyu-i-chistuyu-elektroset/> (дата обращения: 18.10.2017).

11. Блокчейн [Электронный ресурс] // Википедия [Сайт]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Блокчейн> (дата обращения: 18.10.2017).

12. Франко П. The Blockchain // Understanding Bitcoin: Cryptography, Engineering and Economics. John Wiley & Sons, 2014. 288 p.

13. Антонопулос Андреас М. The Blockchain // Mastering Bitcoin. O'Reilly Media, Inc., 2014.

14. Тэнскотт Д., Тэнскотт А. Революция блокчейн. США, 2016.

15. Свэн М. Блокчейн. Технология, которая изменит мир. США, 2015.

16. Могаяр У. Блокчейн. Перспективы, практика и применение технологии следующего поколения. США, 2016.

References

1. Starodubtseva V. A., Mazitov A. S. (2017). *Al'ternativnaya energiya. Solnechnye batarei* [Alternative energy. Solar batteries]. Proceeding of the *PriBORostroenie v XXI veke – 2016. Integratsiya nauki, obrazovaniya i proizvodstva*. Izhevsk: Izd-vo IzhSTU, 394 p. (in Russ.).
2. *Otchet o funktsionirovanii EES Rossii v 2016 godu* [Report on the functioning of the UES of Russia in 2016], available at <http://time56.ru/news/lenta-novostey/orskaya-solnechnaya-stantsiya-nachnet-vyrabatyvat>.
3. *Perechen' kvalifitsirovannykh generiruyushchikh ob"ektov, funktsioniruyushchikh na osnove vozobnovlyаемых источников энергии* [List of qualified generating facilities operating on the basis of renewable energy sources], available at http://ais.npsr.ru/ru/activity/priority/pnd/SR_0V054304.
4. Decree of the President of the Russian Federation of June 15, 2012 N 859 "On the Commission under the President of the Russian Federation on the Strategy for the Development of the Fuel and Energy Complex and Environmental Safety" (with changes and additions), available at <http://base.garant.ru/70189914/> (accessed October 18, 2017) (in Russ.).
5. Morton Dzh. (2006). *Mikrokontrollery AVR. Vodnyi kurs* [Microcontrollers AVR. Introductory course]. Moscow: Izdatel'skii dom «Dodeka-XXI». 272 p.
6. Prokopenko V. S. (2012). *Programmirovaniye mikrokontrollerov ATMEL na yazyke C* [Programming of ATMEL microcontrollers in C language]. Kiev; St. Petersburg, 320 p. (in Russ.).
7. Elgendy M. A., Zahawi B., Atkinson D. J. MPPT algorithm implementation techniques for PV pumping applications. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, vol. 3, no. 1, 2012, pp. 21-33. doi: 10.1109 / TSTE.2011.2168245.
8. Kobayashi K., Matsuo H., Sekine Y. A novel optimum operating point tracker of the solar cell power supply system. *Power Electronics Specialists Conference, PESC 04, 2004 IEEE 35th Annual, 2004*, pp. 2147-2151. DOI: 10.1109 / PESC.2004.1355451.
9. Salas V., Olias E., Barrado A., Lazaro A. Review of the maximum power point tracking algorithms for stand-alone photovoltaic systems. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 90, 2005, pp. 1555-1578. DOI: 10.1016 / j.solmat.2005.10.023.
10. Okashin R. *Kak blokchejn mozhet sozdat' «umnuju» i «chistuju» jelektroset'* [How can the block system create an "intelligent" and "clean" electric network], available at <https://nangs.org/news/technologies/kak-blokchejn-mozhet-sozdat-umnuyu-i-chistuyu-elektroset/> (accessed October 18, 2017) (in Russ.).
11. Blokchejn [Blocking] Wikipedia, available at <https://en.wikipedia.org/wiki/Blokchejn> (accessed October 18, 2017) (in Russ.).
12. Franco P. *The Blockchain // Understanding Bitcoin: Cryptography, Engineering and Economics*. John Wiley & Sons, 2014. 288 p.
13. Antonopoulos Andreas M. *The Blockchain // Mastering Bitcoin*. O'Reilly Media, Inc., 2014.
14. Tapscott D., Tapscott A. (2016). *Revoljucija blokchejn* [The Revolution of the Blockade]. USA (in Russ.).
15. Swann M. (2015). *Blokchein. Tekhnologiya, kotoraya izmenit mir* [Block. Technology that will change the world]. USA (in Russ.).
16. Mogayar U. (2016). *Blokchein. Perspektivy, praktika i primenenie tekhnologii sleduyushchego pokoleniya* [Block. Prospects, practice and application of next generation technology]. USA (in Russ.).

Alternative Solar Energy: Pressing Problems and Proposed Ways to Solve Them

V. A. Starodubtseva, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

V. A. Orlov, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

M. V. Tyulkin, Senior Teacher, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

A. S. Mazitov, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

The paper describes that the power generating sector of the economy causes significant damage to the environment through the release of carbon dioxide into the atmosphere. At least 89% of emissions related to energy production can be prevented by replacing traditional energy sources with alternative ones, including wind energy, solar energy, geothermal energy, hydropower, space energy, bioenergy.

The analysis showed that the solar energy industry is technically well developed and widely used not only abroad, but also in our country. The government takes all possible decisions to ensure the development of alternative energy.

The problems of solar energy are considered in the paper: increasing the energy efficiency of solar cells, which directly depends on the power of the panels themselves, as well as on weather conditions (sunlight intensity, temperature) and more efficient use of existing alternative energy assets.

The problem of energy redistribution between different kinds of sources can be solved by applying new services in the energy sector, based on the technology of the distributed registry - Blockchain technology. The use of Blockchain technology allows to monitor the flow of energy, to protect the system of control and accounting for the movement of energy from outside interference, to exclude the possibility of manipulating the data of individual participants in energy consumption and energy production in their favor.

The authors suggest ways to solve the above problems of solar energy.

Keywords: alternative energy, solar energy, solar panel, battery, microcontroller, block, smart electric networks.

Получено: 04.06.18