

ВЫБОР ИСТОЧНИКОВ ГЕНЕРАЦИИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МИКРОСЕТЯХ НА ОСНОВЕ ВИЭ

***В. В. Харченко, доктор технических наук
В. А. Гусаров, кандидат технических наук
ФГБНУ «Всероссийский институт электрификации
сельского хозяйства», г. Москва, Россия
В. Б. Адомавичюс, доктор технических наук
И. Ю. Валицкас, доктор технических наук
Каунасский технологический университет, Литва
e-mail: kharval@mail.ru***

Аннотация. Предложена концепция формирования и оптимизации микросетей, создающих возможность эффективного применения возобновляемых источников энергии для решения задачи энергоснабжения на современном уровне с учетом высоких экологических требований XXI века. Сформулированы меры по организации микросети, критерии отбора генераторов энергии, показано значение формирования оптимальной конфигурации микросети с эффективными источниками генерации.

Ключевые слова: энергетика, микросети, структура микросетей, функции, оптимизация, возобновляемые источники энергии

Энергоснабжение объектов сельского хозяйства имеет ряд специфических особенностей: рассредоточенность потребителей, малая единичная мощность, большая протяженность электрических, тепловых и газовых сетей, наличие больших территорий, часто малонаселенных, где сельскохозяйственное производство ведётся, но централизованное электро- и теплоснабжение отсутствует. Обеспечение надежного энергоснабжения этих территорий является задачей первостепенной важности, от решения которой в значительной степени зависит успех решения задачи по обеспечению продовольственной независимости РФ и отказу от импорта продовольствия.

Надежность энергетических сетей, минимизация потерь энергии в них и высокая экономическая эффективность этих сетей играют значительную роль. Огромное значение для решения задачи устойчивого энергоснабжения сельхозпроизводителей имеет использование микросетей, формируемых преимущественно на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) – современной формы реализации концепции распределенной энергетики [1–3]. Такие системы получили достаточно широкое применение в мировой практике и, по нашему мнению, имеют

перспективы для дальнейшего расширения масштаба использования. Создание научно-методической базы для организации микросетевых систем энергоснабжения на практике представляется одним из наиболее эффективных способов содействия внедрению в практику этого нового инновационного подхода. Основные положения и принципы построения микросетей были отработаны ранее [1, 2].

Цель исследований – обоснование источников генерации для использования в микросетях на основе ВИЭ.

Материалы и методика исследований. Наиболее перспективными для построения микросетей являются сельские территории, где доступ к возобновляемым источникам энергии в меньшей степени ограничен по сравнению с урбанизированной местностью, и где, как правило, имеются и другие местные энергоресурсы. На первом этапе работы по созданию микросети необходимо ответить на следующие вопросы: а) сколь большой эта система должна (может) быть? б) сколько эта система будет стоить?; в) даст ли система прибыль в обозримом будущем?

Ответы на эти вопросы позволяют понять, насколько рассматриваемая микросеть будет приемлемой для инвестирования. Конфигурация микросети, в первую очередь, определяется такими факторами, как: а) состав потребителей и их категоричность; б) наличие потребителей, требующих бесперебойного питания; в) Потенциал различных видов ВИЭ по территории микросети, в первую очередь в местах дислокации объектов-потребителей (тогда будет удобно управлять работой генерирующего источника).

В отдельных случаях, при обнаружении в каком-либо месте высокого энергетического потенциала ВИЭ, источник генерации может быть размещен и на отдельной площадке, являться самостоятельным субъектом микросети и иметь собственного владельца. Для всех потребителей составляются графики нагрузок (суточные, сезонные, месячные, годовые), а для источников генерации строятся графики выработки всех источников с учетом потенциала ВИЭ в местах их дислокации (при этом места для их размещения выбираются с учетом обеспечения максимальной мощности).

Методом суперпозиции графиков потребления и выработки энергии для разных составов источников генерации определяется такое их сочетание, которое полностью обеспечит покрытие нагрузок всех потребителей при минимальных мощностях аккумуляирования и резервирования и, естественно, при минимальных капитальных и эксплуатационных расходах.

Когда микросеть работает параллельно с сетью энергосистемы, потребность в аккумуляировании и резервировании энергии может быть минимизирована. При этом работа с сетью может быть организована по нескольким согласованным схемам: в первом случае, для покрытия пиковых нагрузок микросеть принимает электроэнергию из сети и по отношению к ней является регулярным потребителем; во втором случае

обмен энергией с сетью осуществляется по двум направлениям, т. е. микросеть покрывает свой дефицит отбором энергии из сети, а при наличии избыточной мощности передает электроэнергию в сеть. Основным объемом производимой и потребляемой электроэнергии при этом остается в микросети, поэтому подключение последней к сети большого влияния на нее не окажет.

Большое значение для эффективного функционирования микросети имеет грамотно организованная система управления, которая должна выполнять следующие функции: в автономном режиме поддерживать баланс мощностей; коммутировать генераторы и накопители энергии; управлять мощностью регулируемых источников энергии; поддерживать стабильность напряжения и частоту микросети; обеспечивать сбор информации, необходимой потребителям для «умного» управления нагрузками и т. д.

Чисто автономную микросеть целесообразно создавать в случае невозможности присоединения к централизованной сети в регионах с большими ресурсами ВИЭ. При этом мощность накопителей энергии должна быть рассчитана с учетом длительности вероятных интервалов времени без ветра и солнечной радиации. А вот возможность организовать работу микросети параллельно с централизованной сетью обернется значительной выгодой, поскольку снизит уровень капитальных затрат и эксплуатационных расходов. Таким образом, при разработке проектов по созданию микросети в заданном районе предполагается решение задач на двух уровнях: а) первый уровень предусматривает рассмотрение вопросов, относящихся к микросети в целом (высший уровень), б) второй уровень предусматривает рассмотрение вопросов, касающихся выбора элементов микросети.

Решение задач на первом уровне. Рассматриваются такие вопросы, как:

1. Разработка принципиальной схемы микросети, включающая схемы размещения потребителей, схемы размещения генераторов, систем аккумуляирования и резервных источников питания.

2. Определение категорийности потребителей электроэнергии, их потребление (суточное, сезонное, годовое), степень необходимости обеспечения бесперебойного энергоснабжения и оценки последствий в случае нарушения режимов подачи энергетического ресурса.

3. Оценка потенциала ВИЭ в различных точках территории, подпадающей под действие микросети, в том числе и в зоне дислокации потребителей.

4. Разработка принципиальной схемы размещения источников генерации, их тип, вид используемого возобновляемого ресурса.

5. Разработка возможных режимов функционирования микросети с условием надежного энергообеспечения потребителей.

6. Оценка возможности развития микросети с точки зрения включения новых потребителей и новых источников генерации. Необходимо учитывать, что в составе микросети потребители энергии в

то же время могут быть и ее производителями, эксплуатирующими свои генераторы или/и накопители энергии. Интеграция в микросеть ветряных станций (ВЭС), солнечных станций (СЭС) и других источников генерации на основе ВИЭ встречает значительно меньше бюрократических препятствий, чем присоединение их к централизованным сетям.

7. Оценка приемлемой формы собственности микросети и ее организационной структуры (следует учитывать то обстоятельство, что владеть микросетью и эксплуатировать ее могут владельцы жилых домов, предприятия, ЗАО, муниципальные образования и т. д.). При проведении этой работы важно учитывать, какие потребители планируются для включения в состав микросети (уже существующие или создаваемые) и как они будут функционировать в составе микросети (в микросети выработанная энергия, в основном, используется местными потребителями, что обеспечивает снижение потерь, связанных с передачей и распределением энергии по электрическим сетям.)

8. Оценка наличия в близости к обслуживаемой территории сети энергосистемы и возможность технологического присоединения к ней.

9. Рассмотрение вопросов надежности электроснабжения потребителей в микросети (надежность снабжения электроэнергией в аварийных случаях разного рода в рамках микросети обеспечить существенно легче, чем в крупных энергетических системах; потребители энергии в микросети могут участвовать в процессе балансирования мощности путем регулирования своих нагрузок, генерируя, накапливая и отдавая электроэнергию в микросеть).

10. Рассмотрение вопросов экономики микросети и тарифов на поставляемую энергию, а также срока окупаемости микросети.

11. Обеспечение оптимального выбора системы управления работой микросети и ее реализация.

Когда микросеть присоединена к сети энергосистемы, существенно снижаются требования к системам аккумулирования и резервирования. В этом варианте микросеть работает параллельно с сетью, но в основном энергия и производится, и потребляется в пределах микросети. Обмен потоками энергии осуществляется в случае передачи в сеть излишков произведенной в микросети энергии или же для отбора энергии из сети для покрытия пиковых нагрузок.

Решение задач на втором уровне. На этом уровне рассматриваются вопросы, касающиеся выбора элементов микросети: тип и мощность генераторов энергии, систем аккумулирования, конструкций интерфейсных устройств передачи электроэнергии от генераторов в микросеть и ряд других вопросов, касающихся компонентов микросети.

Результаты исследований. *Выбор элементов микросети и периферийных устройств*

Правильный выбор элементов микросети представляется важным этапом в формировании микросети в заданном районе с точки зрения обеспечения надежности ее функционирования, сроков окупаемости,

стоимости вырабатываемого и поставляемого энергоресурса. Поэтому этот этап работы представляется крайне важным.

Состав источников генерации в такой микросети определяется рядом факторов, основными из которых являются состав потребителей, их нагрузки, потенциалы ВИЭ, доступных для использования на территории, где микросеть реализуется. Конфигурация микросети, в первую очередь, определяется следующими факторами: а) состав потребителей и их категоричность; б) наличие потребителей, требующих бесперебойного питания; в) потенциалы различных видов ВИЭ по территории микросети, в первую очередь, в местах дислокации объектов-потребителей (тогда будет удобно управлять работой генератора). Однако в отдельных случаях, при обнаружении в каком-либо месте особо благоприятных метеорологических условий и высокого энергетического потенциала ВИЭ, генератор может быть размещен и на отдельной площадке, являясь самостоятельным субъектом микросети и иметь собственного владельца.

Для всех потребителей составляются графики нагрузок (суточные, сезонные, месячные, годовые), а для генераторов – графики выработки с учетом потенциала ВИЭ в местах их дислокации (при этом места для их размещения выбираются с учетом обеспечения максимальной мощности).

Применяя метод суперпозиции графиков потребления и графиков выработки электроэнергии для разных составов источников генерации, определяется оптимальное их сочетание. При этом в максимальной степени обеспечивается покрытие нагрузок всех потребителей при минимальных мощностях резервирования и емкостей аккумуляирования и, естественно, при минимальных капитальных и эксплуатационных расходах.

В случае возможности параллельной работы микросети с сетью энергосистемы, потребность в аккумуляировании и резервировании может быть минимизирована. При этом работа с сетью может быть организована по нескольким согласованным схемам: в первом случае, для покрытия пиковых нагрузок микросеть принимает энергию из сети и по отношению к ней является регулярным потребителем; во втором случае, обмен электроэнергией с сетью осуществляется по двум направлениям, т. е. микросеть покрывает свой дефицит отбором энергии из сети, а при наличии избыточной мощности передает электроэнергию в сеть. При этом основной объем производимой и потребляемой электроэнергии реализуется в пределах микросети, поэтому подключение последней к сети большого влияния на нее не окажет.

Критерии отбора источников генерации электроэнергии

Выработка таких критериев создаст благоприятные условия для расширения объемов и мощностей, внедряемых в практику микросетей на основе ВИЭ, поскольку обеспечит практических работников эффективным инструментом для решения этих задач. Для выбора и обоснования подобных критериев крайне необходима оценка эффективности всех возможных генераторов, как традиционных, так и

нетрадиционных, а также вариантов их комбинирования в создаваемых микросетях. Это требует использования единого системного подхода к анализу, как отдельных технологий преобразования энергии, так и комбинированных систем, а также учет многих сопутствующих факторов.

Микросети, как системы энергоснабжения, создаются для выполнения вполне определенной цели – удовлетворения спроса потребителей, входящих в состав микросети, на энергию при минимальной потребности в ресурсах, с наименьшими затратами и с наименьшим суммарным ущербом в течение определенного периода времени. Мерой достижения этой цели является эффективность системы, характеризующаяся одним или несколькими параметрами. Эти параметры можно принять как критерии эффективности, которые позволяют решить основную задачу – выбор оптимального варианта состава микросети, а также проведение анализа факторов, определяющих существование такого варианта и их влияния на окончательное решение.

Выбор эффективных вариантов энергоснабжения потребителей, объединенных в микросеть, это сложная проблема системного анализа, так как системы энергоснабжения различаются по многим признакам: а) по виду используемой технологии производства энергии; б) по степени взаимозаменяемости и взаимодополняемости источников энергии; в) по предусматриваемым режимам эксплуатации; г) по планируемым срокам эксплуатации создаваемой микросети; д) по предполагаемой степени замещения энергии, вырабатываемой традиционными генерирующими устройствами, зелёной, т. е. полученной на основе ВИЭ, энергией; е) по наличию энергетического потенциала в данном месте для данного конкретного вида ВИЭ; ж) по режимам функционирования по отношению к централизованным сетям более высокого уровня; к) по степени автономности (возможности работать в «островном» режиме); л) по ряду экономических показателей; м) по наличию в сети потребителей, требующих обеспечения бесперебойного энергоснабжения, и их соотношению с потребителями других категорий; н) по степени постоянства выработки электроэнергии данным генератором и возможности работы в «базовом» режиме.

В общем виде источники могут классифицироваться по следующим критериям: а) по погодно-климатическим условиям (определяют потенциал данного источника); б) по техническим характеристикам (комплекс параметров, определяемых типом установки, ее характеристиками и т. д.); в) по экономическим показателям (стоимость единицы установленной мощности, эксплуатационные расходы, расходы на обслуживание и т. д.).

Наиболее распространенными на практике являются следующие генерирующие системы: ВЭС, СЭС, микроГЭС и биогазовые установки.

Рассмотрим источники генерации с позиции вышеприведенной системы классификации. Ниже будут кратко рассмотрены основные элементы генерирующего комплекса микросети, потенциально пригодные

для включения в состав микросетей. Это СЭС на основе фотоэлектрического преобразования солнечного излучения, а также ВЭС.

Элементы генерирующего комплекса микросети

Накопители энергии. Функции накопителей электроэнергии (НЭ) в микросетях и в энергосистеме заключаются в следующем: резервирование электростанций ВИЭ, интегрирование в сеть энергии электростанций ВИЭ, балансирования мощности, выравнивание нагрузки, пиковое генерирование энергии, улучшение качества энергии, стабильность бесперебойной передачи электроэнергии. В настоящее время применяются следующие технологии накопления и регенерирования электроэнергии [4–6]: гидроаккумуляционные электростанции, накопитель энергии на сжатом воздухе, накопители энергии на маховиках, сверхпроводящие индуктивные накопители энергии, суперконденсаторы; батареи (свинцово-кислотные, литий-ионные, никель-кадмиевые – NiCd, никель-метал-гидридная – NiMH), серно-натриевая батарея (NaS), поточные батареи и водородные накопители энергии. Важная роль накопителей электроэнергии и когенерационных микроэлектростанций, а также эффективность их функционирования рассмотрены в [7].

Ветряные источники генерации. Предлагаемые на мировом рынке ВЭС малой мощности (до 100 кВт) по своей технической и экономической эффективности могут отличаться существенно [3]. Некоторые малые ВЭС характеризуются высокой технической эффективностью и большой ценой, но есть и такие дорогие модели, которые в тех самых условиях вырабатывают значительно меньше электроэнергии. Поэтому удачно выбранная ВЭС может повысить эффективность работы микросети в целом и снизить себестоимость вырабатываемой электроэнергии. Для отбора продуктивных ВЭС был предложен технико-экономический критерий эффективности, учитывающий и цену, и производительность ВЭС [3]. Производительность учитывается как удельная развиваемая мощность с одного квадратного метра рабочей площади лопастей ветроколеса ($\text{Вт}/\text{м}^2$) при скорости ветра 10 м/с. Такая скорость ветра выбрана потому, что она в среднем является самой плодотворной в плане вырабатываемой на ВЭС энергии или близка к тому в местностях, где экономически целесообразно устанавливать ВЭС.

Технико-экономический критерий эффективности $K_{me}(\text{Вт}^2/\text{€}\cdot\text{м}^2)$ может быть определен следующим образом:

$$K_{me} = \frac{P_{10}^2}{S \cdot C};$$

где P_{10} – мощность ВЭС при скорости ветра 10 м/с, Вт;

S – рабочая площадь лопастей ВЭС, м^2 ;

C – цена ВЭС (без башни), €.

Предложенный критерий был применен по отношению к группе из 14 ВЭС с вертикальной осью вращения ветряной турбины. Целью этого исследования была предварительная оценка эффективности работы

ВЭС разных типов. Полученные значения показали большой разброс технико-экономического критерия эффективности ВЭС (рис. 1) [3].

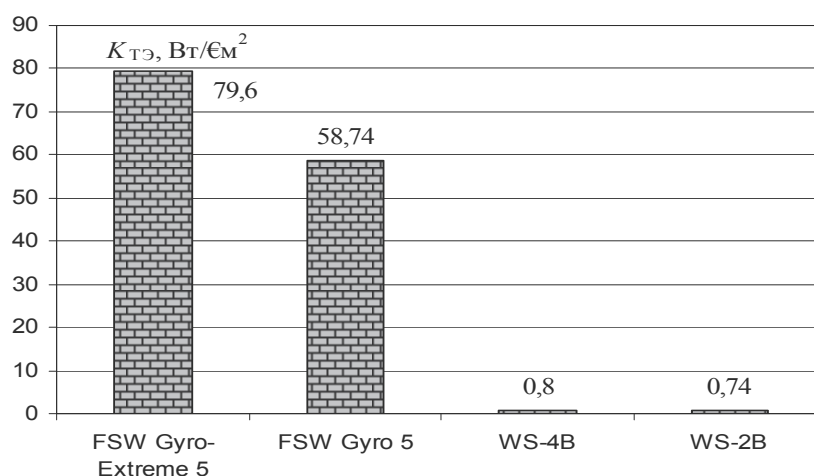


Рис. 1. Разность значения критерия в исследованной группе из 14 ВЭС

Солнечные источники генерации. Техническая и экономическая эффективность работы СЭС, в первую очередь, зависит от эффективности фотоэлектрических модулей. Резкое падение цен фотоэлектрических модулей в течение последних лет вызвало значительный рост суммарной установленной мощности СЭС во всём мире. Индекс цены одного установленного киловатта СЭС в настоящее время на мировом рынке составляет около 1000 €/кВт, в то время как тот самый показатель для атомных электростанций составляет около 5000–6000 €/кВт. В связи с этим, создались благоприятные условия для использования СЭС также и в электрических микросетях в качестве одного из основных источников для бесплодного производства электрической энергии.

Фотоэлектрические модули (ФМ) СЭС одного типа разных изготовителей по своей эффективности и энергопроизводительности отличаются друг от друга в значительно меньшей степени, по сравнению с ВЭС разных моделей. Но с целью получения большей электроэнергии с той же площади следует выбирать ФМ с высоким КПД.

Кроме того, с целью повышения эффективности работы СЭС, а заодно и микросети, рекомендуется принимать следующие меры:

- ✓ модульное поле СЭС формируется только из ФМодного типа и одной номинальной мощности, а для ее установления выбирается место, где не падает тень от деревьев, зданий или других объектов;
- ✓ выбирается оптимальная ориентация модульного поля (на юг) и угол наклона плоскости ФМ (по географической широте местности);
- ✓ с целью уменьшения потерь, ФМ между собой соединяются так, чтобы выходное напряжение всего поля при стандартных условиях солнечного излучения (AM 1.5) была близка к верхнему пределу

постоянного напряжения входа выбранного инвертора, при возможности ФМ и преобразователь электрической энергии рекомендуется выбирать одного производителя; СЭС в таком случае повышается (известны случаи, когда общий КПД СЭС повышается до 8–10 %, что подтверждено независимыми лабораториями);

- ✓ если это экономически целесообразно, можно применять системы автоматического слежения за солнцем, которые обеспечивают перпендикулярное облучение ФМ, или концентраторы излучения;
- ✓ с целью повышения эффективности работы ФМ при надобности они очищаются от пыли, грязи и снега.

На рис. 2 приведены данные о годовой выработке электроэнергии СЭС мощностью 27 кВт (для условий г. Каунас) в зависимости от угла наклона плоскости фотоэлектрических модулей по отношению к горизонтальной плоскости.

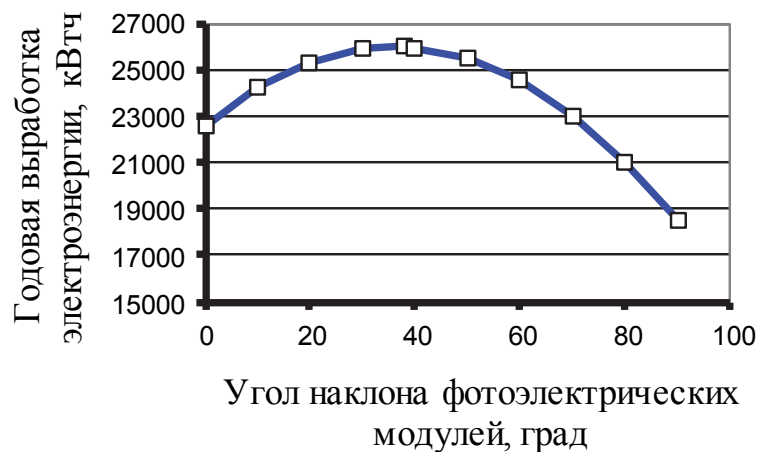


Рис. 2. Годовая выработка электроэнергии СЭС мощностью 27 кВт в зависимости от угла наклона фотоэлектрических модулей

При оптимальном угле наклона для г. Каунас 38° СЭС вырабатывает максимальное количество электроэнергии (26,3 МВтч/год). Незначительные отклонения от оптимального угла наклона до $\pm 15^\circ \dots 20^\circ$ большого влияния на уменьшение количества вырабатываемой электроэнергии не имеют.

Генерация миниГЭС. Как и для любого другого источника генерации, первым и важнейшим условием эффективного функционирования миниГЭС является наличие потенциала, т. е. наличие реки или иного водотока с достаточно высоким потенциалом с точки зрения выработки электрической энергии. Малая ГЭС, как и любая электростанция другого типа, эффективно работает тогда, когда коэффициент использования первичного источника энергии в ней соответствует современному мировому уровню или выше, а ее отрицательное воздействие на окружающую среду минимальное. Эффективная работа малых ГЭС обеспечивается при выполнении двух основных условий: а) выбор оптимально подходящей гидротурбины для

данных гидротехнических условий с максимально возможным КПД, б) максимальное использование гидроэнергетического потенциала плотины.

Один из примеров, каким образом можно увеличить использование потенциала плотины, показан на рис. 3. Здесь показана среднемесячная выработка электроэнергии малой гидроэлектростанции мощностью 30 кВт в дер. Свобишкис Молетского района Литвы в 2002–2010 годах.

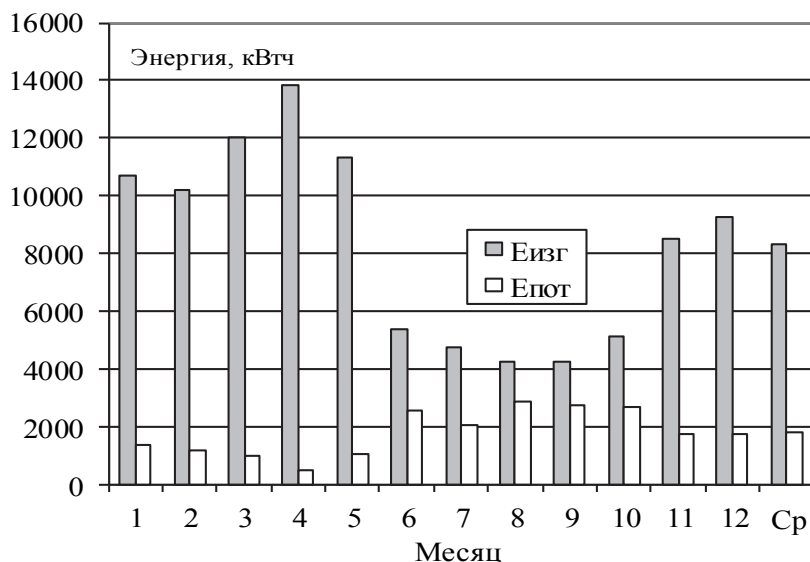


Рис. 3. Средняя многолетняя месячная выработка электроэнергии малой гидроэлектростанции мощности 30 кВт (Литва) [3]

Черными столбиками показана среднемесячная выработка энергии, а белыми – энергия $E_{пот}$, потерянная в связи с тем, что не был использован природу охраняющий дебет воды. После установки дополнительного гидроагрегата с генератором мощностью 5 кВт количество выработанной за год электроэнергии в среднем увеличилось на 24 000 кВтч.

Оптимальный выбор источников генерации для заданной микросети является залогом успешного ее функционирования в дальнейшем.

Концепция использования микросетей на основе ВИЭ для организации автономного энергоснабжения – перспективный путь к решению задачи энергоснабжения новых территорий. Причём потребность в создании микросетей актуальна не только на территориях не обеспеченных централизованным энергоснабжением. Даже в регионах РФ, которые рассматриваются как энергоизбыточные, нетрудно найти территории, где обеспечить энергоснабжение никаким иным способом, кроме организации микросети, не представляется возможным. Ещё одно преимущество концепции применения микросетей заключается в том, что при априори более низкой себестоимости электроэнергии микросети создадут серьёзную конкуренцию традиционным генерирующим компаниям, что, в свою очередь, приведёт к развитию рынка, укреплению здоровой конкурентной среды и, в конечном итоге, к снижению тарифов на электроэнергию.

Наиболее распространенными источниками генерации электроэнергии сегодня являются солнечные и ветряные электростанции, мощность которых меняется значительно в зависимости от природных условий. Поэтому в состав микросетей необходимо включать накопители энергии, резервные источники питания, а также генерирующие источники с регулируемой мощностью, которые обеспечат возможность поддержания баланса генерируемых и потребляемых мощностей внутри микросистемы [8].

Перспективы использования микросетей

Расширение масштабов использования микросетей имеет хорошую перспективу в связи с возможностями дальнейшего снижения себестоимости электроэнергии [9], а также с весьма большими возможностями применения технологии электроснабжения на основе микросетей с использованием ВИЭ для производства экологически чистой сельскохозяйственной продукции, потребность в которой на рынке непрерывно возрастает [10].

Серьезные перспективы имеют микросети для энергоснабжения объектов малоэтажного строительства, при образовании поселений на новых территориях или при освоении новых участков для дачного строительства.

Применение микросетей, каждая из которых представляет собой «энергетический остров», открывает большие возможности для организации энергоснабжения больших территорий [1]. В этом случае, общая схема энергоснабжения территории будет представлять собой систему энергетических островков, покрывающих всю территорию и соединенных между собой линиями низкого напряжения, которые должны выполнять функции обмена энергетическими потоками каждой из микросетей с сетью энергосистемы и между собой. Каждая микросеть потребляет всю вырабатываемую в ее пределах энергию, поэтому указанные потоки не будут значительными, что существенно разгрузит низковольтные сельские сети, повысит их пропускную способность и надежность.

Выводы

Предложенная и развитая концепция микросети на основе преимущественного использования ВИЭ, представляющая собой новую форму реализации идеологии распределенной энергетики, открывает возможность эффективного применения ВИЭ для решения задачи энергоснабжения удаленных, в первую очередь, сельских территорий, малоэтажного строительства и автономного энергоснабжения отдельно располагаемых единичных объектов. Показано значение формирования оптимальной конфигурации микросети с эффективными источниками генерации, подобранными в соответствии с разработанными критериями.

Список литературы

1. Харченко В. В. Микросети на основе ВИЭ: концепции, принципы построения, перспективы использования / В. В. Харченко // Энергия: экономика, техника, экология. – 2014. – № 5. С. 20–27.
2. Харченко В. В. Микросеть на основе ВИЭ как инструмент концепции распределенной энергетики / В. В. Харченко, В. Б. Адомавичюс, В. А. Гусаров // Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – № 2 (119). – С. 80–85.
3. Харченко В. В. Возможность повышения экономической эффективности микросетей на основе ВИЭ // Сборник трудов X международной конференции «Возобновляемая и малая энергетика». / В. В. Харченко, В. Б. Адомавичюс, В. А. Гусаров М. : Экспоцентр, 2013. – С. 108–123.
4. Overview of Current Development in Electric energy Storage Technologies and the Application Potential in Power Systems Operation. Applied Energy / X. Luo, J. Wang, M. Dooner, J. Clarke. – 2015. – Vol. 137. – P. 511–536.
5. Lithium–antimony–lead liquid metal battery for grid-level energy storage / K. Wang, D. Sadoway [et al.]. // Nature. – 2014. – Vol. 514. – P. 348–350.
6. Hydrogen-based Energy Conversion: More than Storage. Fact Book. SBC Energy Institute. February 2014. – 280 p.
7. Адомавичюс, В. Б. Особенности и проблемы построения микросетей. // Труды 8-й Международной научно-технической конференции «Энергоснабжение и энергосбережение в сельском хозяйстве». Возобновляемые источники энергии. – М. : ВИЭСХ, 2012. – С. 50–56.
8. Источники регулируемой мощности в микросетях / В. Б. Адомавичюс, В. В. Харченко, В. А. Гусаров, И. Ю. Валицкас // Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – Вып. 7. – С. 54–59.
9. Survey on microgrids: analysis of technical limitations to carry out new solutions / Laria A. [et al.]. // 13th European Conference on Power Electronics and Applications 2009 (EPE'09). September 8–10. – 2009. – P. 1–8.
10. RES-based microgrids for environmentally friendly energy supply in agriculture / V. Adomavicius, V. Kharchenko, J. Valickas, V. Gusarov // Proceeding of the 5th International Conference «Trends in Agricultural Engineering», September 3–6, 2013. – Prague. – P. 51–55.

ВИБІР ДЖЕРЕЛ ГЕНЕРАЦІЇ В МІКРОМЕРЕЖІ НА ОСНОВІ ВДЕ

В. В. Харченко, В. А. Гусаров, В. Б. Адомавічюс, І. Ю. Валицкас

Анотація. Запропоновано концепцію формування та оптимізації мікромереж, що створюють можливість ефективного застосування відновлюваних джерел енергії для вирішення завдання енергопостачання на сучасному рівні з урахуванням високих екологічних вимог ХХІ століття. Сформульовано заходи з організації мікромережі, критерії відбору генераторів енергії, показано значення формування оптимальної конфігурації мікромережі з ефективними джерелами генерації.

Ключові слова: енергетика, мікромережі, структура мікромереж, функції, оптимізація, відновлювані джерела енергії

SELECTION OF GENERATION SOURCES IN RES-BASED MICROGRIDS

V. Kharchenko, V. Gusarov, V. Adomavicius, I. Valickas

Annotation. *Concept, guidelines and principles of RES-based microgrids formation are proposed for efficient utilizing of renewable energy sources. It could be useful for solving tasks of energy supply taking into consideration high standards of environment protection of XXI century. Measures for the microgrids arrangement, criteria of energy generators choice are proposed. Importance and benefits of optimization of microgrid energy generating equipment composition, efficiency and their optimal capacity is explained.*

Key words: *energy, microgrids, structure of microgrids, functions, optimization, renewable energy sources*

УДК 662.997.534.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ СЕЛЬХОЗПРОДУКТОВ С ПОМОЩЬЮ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

*А. И. Исманжанов, доктор технических наук
Кыргызско-Узбекский университет, г. Ош*

Н. М. Ташиев, аспирант

*Ошский технологический университет, г. Ош
e-mail: anvis2012@mail.ru*

Аннотация. *Приведены результаты исследований по сушке пастообразных продуктов до порошкообразного состояния с помощью солнечной энергии. Установлено, что испарение влаги с измельченных продуктов происходит аналогично испарению со свободной поверхности воды.*

Ключевые слова: *солнечная сушка, этапы сушки, пастообразный продукт, остаточная влажность, порошковый продукт*

Ежегодно во всем мире производится огромное количество порошков сельхозпродуктов для нужд пищевой промышленности. Если учесть, что фрукты, ягоды и овощи, за исключением некоторых их видов, состоят почти на 90 % и выше из воды, то для превращения таких продуктов в порошок методом сушки необходимо удалить из них влагу,

© А. И. Исманжанов, Н. М. Ташиев, 2016