



МИКРОСЕТЬ НА ОСНОВЕ ВИЭ ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Харченко В. В.¹, Адомавичюс В. Б.², Гусаров В. А.¹, Стребков Д. С.¹

¹Всероссийский институт электрификации сельского хозяйства, Москва, Россия

²Каунасский технологический университет, Каунас, Литва

Аннотация – Большое количество поселений, деревень и небольших посёлков России не имеет централизованного электроснабжения. В подавляющем большинстве таких населённых пунктов, электроснабжение производится от дизельных электростанций. Разработана система электроснабжения основанная на том, что какое-то ограниченное число потребителей, владеющих различными автономными устройствами собственного электроснабжения, объединяются в локальную микросеть. В микросети реализуется широкая интеграция местных бестопливных возобновляемых источников энергии (ВИЭ), таких как солнечная, ветровая энергия, энергия малых рек.

Ключевые слова: локальная микросети, структура, возобновляемая энергия, генерирование электроэнергии

RES-BASED MICROGRID FOR POWER SUPPLY IN RURAL TERRITORIES

KHARCHENKO Valeriy¹, ADOMAVICIUS Vytautas², GUSAROV Valentin¹, STREBKOV Dmitriy¹

¹All-Russian Institute of Electrification of Agriculture, Moscow, Russia

²Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania

Abstract. Considerable number of settlements, villages and small settlements of Russia has no centralised electricity supply. In the overwhelming majority of such settlements supply of electricity is realised from the diesel power stations. The power supply system based on a limited number of the consumers owning various self-controlled units of own electricity generators united in a local microgrid is developed. A wide integration of local none-fuel renewable energy sources (RES), such as solar, wind energy, energy of the small rivers is realised in this microgrid.

Keywords: local microgrids, structure, renewable energy, power production.

MICROREȚELE BAZATE PE SRE PENTRU ALIMENTAREA TERITORIILOR RURALE

Harcenko V.V.¹, Adomavicius V.B.², Gusarov V.A.¹, Strebkov D.S.¹

¹Institutul rusesc de electrificare rurală, Moscova, Rusia

²Universitatea tehnologică din Kaunas, Lituania

Rezumat – Numărul mare de așezări, sate și așezări mici din Rusia nu au asigurare centralizată cu energie electrică. În majoritatea cazurilor a astfel de așezări alimentarea cu energie electrică se face de la stații diesel. S-a elaborat un sistem de alimentare cu energie electrică bazat pe faptul, că un oarecare număr limitate de consumatori, ce posedă diferite instalații autonome proprii de furnizare a energiei electrice se unesc într-o microrețea locală. În microrețea se realizează o integrare largă a RES, precum solară, eoliană, râurilor mici.

Cuvinte cheie: microrețea locală, structură, energie regenerabilă, generare de energie electrică

1. ВВЕДЕНИЕ

Основными стратегическими задачами сельской энергетики сегодня являются увеличение мощности местных энергетических систем и снижение энергоёмкости сельхозпроизводства на основе широкого использования новых прогрессивных технологий выработки и потребления энергетических ресурсов. Перспективным путем решения проблемы является расширение масштабов использования

возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Кроме экономии традиционных энергоресурсов, использование ВИЭ открывает возможности организации энергоснабжения удаленных, не соединенных с центральными сетями объектов, в первую очередь, сельскохозяйственного назначения. При опережающих темпах роста малоэтажного строительства на селе, его доля во вновь возводимом жилье в ближайшие 10 лет может возрасти до 70%. При этом уже сегодня складывается тенденция

строить поместья и усадьбы с большими наделами земли от 0,5 га и более. Особенностью такого строительства является возведение объектов, удаленных друг от друга настолько, что строительство внешних инженерных сетей, в первую очередь энергетических, становится экономически нецелесообразным. В этой ситуации актуальным становится организация автономного энергоснабжения. Однако основные источники возобновляемой энергии солнце и ветер непостоянны в своем проявлении, имеют иногда непрогнозируемые перерывы в поступлении энергии. Это требует создания мощных резервных источников энергоснабжения с аккумулирующими системами, что существенно удорожает создаваемые системы.

Поэтому, для автономного энергоснабжения сельских потребителей, начали использовать комбинированные системы, основанные на использовании двух и более типов ВИЭ. Они могут успешно дополнять друг друга, и таким образом потребность в аккумулировании и частота использования резервных источников энергоснабжения снижаются. Особенно удачно автономные системы можно организовать при наличии исчерпывающей информации о потенциале различных видов ВИЭ в данной местности, или конкретно на объекте.

Зачастую трудно на одном объекте, особенно если это небольшой крестьянский дом, реализовывать энергосистемы на базе всех потенциально возможных источников. Кроме того, соотношение по времени и мощности нагрузок и генерации электроэнергии в большинстве случаев трудно сбалансировать, поскольку и источники генерации и потребители немногочисленны.

Эти проблемы значительно легче устранить, если при всём своём разнообразии количество источников генерации и потребителей электроэнергии будет существенно больше. Эти условия легко реализовать, если создать локальную микросеть. Локальные микросети являются быстро развивающейся областью энергетики. Они имеют целый ряд преимуществ перед традиционными способами генерирования и снабжения энергии. Как показано в рис. 1, в 2010-2016 годах прогнозируется рост суммарной мощности микросетей на мировом рынке в 3-4,5 раза.

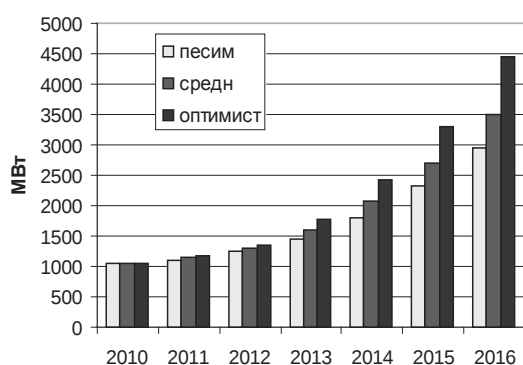


Рис.1. Рост суммарной мощности микросетей на мировом рынке 2010-2016 г.

Локальная микросеть – это интегрированная энергетическая система небольшой мощности с распределенными генераторами и потребителями энергии.

В микросети можно реализовать широкую интеграцию местных бестопливных возобновляемых источников энергии (ВИЭ), таких как солнечная, ветровая энергия, а также энергия малых рек. Не исключено и использование небольшой общественной электростанции на биогазе с микротурбиной в качестве генерирующего источника. Это существенно повысит надежность всей микросети, поскольку выработка электроэнергии с помощью таких систем гораздо более предсказуема.

2. ВАРИАНТЫ И СВОЙСТВА МИКРОСЕТЕЙ

Существует многовариантность комбинирования структуры микросетей. Они могут работать не только автономно, но и параллельно с централизованной электросетью (ЦЭС). Инновации в энергетике и электронике, в технологиях управления, информатики и связи создают благоприятные условия для развития и совершенствования микросетей, их оптимального управления с поддержанием стандартных и стабильных параметров электроэнергии несмотря на интеграцию источников нестабильной мощности, таких как ветряные (ВЭ) и солнечные электростанции (СЭ) [1, 2]. В локальных микросетях, в составе с тепловыми электрическими машинами, легче установить баланс между генерирующими мощностями и объемом выработанной энергии. Здесь могут быть применены как динамические резервные мощности, так и эффективные накопители энергии, в то время как для стабильной работы ЦЭС необходимо содержать дорогие и громоздкие резервные мощности.

Микросети, соединённые с централизованными электросетями, большого влияния на их работу не оказывают, поскольку основная часть производимой электроэнергии потребляется на месте её производства и исключает потери связанные с её транспортировкой. А так как у микросетей нет огромной сопутствующей инфраструктуры, многочисленного обслуживающего персонала и больших накладных расходов, то это позволяет установить цену на электроэнергию ниже рыночной.

Создать микросеть и осуществлять её эксплуатацию могут владельцы любых юридических образований (жилых домов, предприятия, ЗАО, деревни, поселки и т.д.). В этом случае потребители энергии в то же время становятся ее производителями, эксплуатирующими свои микроэлектростанции или/и накопители энергии. Организация микросетей с интегрированными ВИЭ, такими как ВЭ, СЭ и другими электростанциями, встречает значительно меньше бюрократических препятствий, чем присоединение к ЦЭС.

В настоящая время, около 90% существующих электрических микросетей занимает площадь до 1 км², а суммарная мощность генераторов энергии в одной такой микросети не превышает 1 МВт.

Хорошие перспективы для построения микросетей имеются в сельской местности, где доступ к местным первичным возобновляемым источникам энергии в меньшей степени ограничен по сравнению с урбанизированной местностью.

В аварийных случаях надежность электроснабжения микросетей обеспечивается значительно легче, чем на крупных энергетических системах, так как потребители энергии в микросети могут участвовать в процессе балансировки мощности путем регулирования её генерации, накопления и распределения своих нагрузок в течение времени.

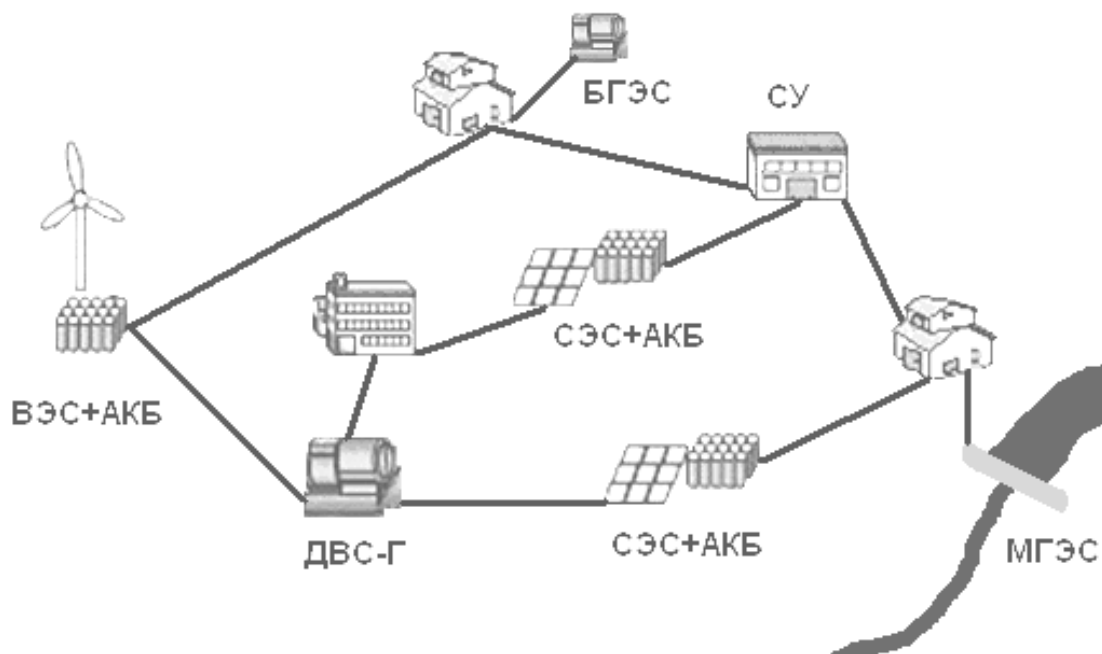


Рис. 2 Пример локальной микросети: ДВС-Г – двигатель внутреннего сгорания – генератор; АКБ – аккумуляторная батарея; ВЭС – ветряная ЭС; СЭС – солнечная ЭС; МГЭС – малая гидроэлектростанция (микромалая гидроэлектростанция); БГЭС – биогазовая электростанция; СУ – система управления

3. ВЫБОР ГЕНЕРАТОРОВ ЭНЕРГИИ

Проблема выбора первичных источников и генераторов энергии микросети и определение оптимального соотношения их мощностей [3] решается на основе анализа следующих технических и экономических показателей:

- суточные, недельные, месячные и годовые графики потребления энергии,
- ресурсы местных возобновляемых и ископаемых источников энергии,
- стоимость производства энергии по выбираемым технологиям,
- необходимые емкости накопителей энергии,
- стоимость накопления и регенерирования энергии,
- динамические свойства генераторов энергии, динамические свойства накопителей энергии и др.

4. ВЫБОР НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Функции накопителей электроэнергии (НЭ) в микросетях и в энергосистеме:

- 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 на мировой практике применяются следующие технологии накопления и регенерирования электроэнергии:

- ГАЭ - гидроаккумуляционные электростанции,
- НЭСВ - накопитель энергии на сжатом воздухе,
- НЭМ - накопители энергии на маховиках,
- СПИН - сверхпроводящие индуктивные накопители энергии,
- суперконденсаторы,

- батареи (свинцово-кислотные, литий-ионная, никель-кадмиевая – NiCd, никель-метал-гидридная – NiMH),
- серно-натриевая батарея (NaS),
- поточные батареи,
- водородные накопители энергии.

Один из возможных вариантов локальной микросети для сельских территорий показан на рис. 3. В этой микросети может быть применено оборудование, перечисленное в Таблице 1. Основные свойства накопителей энергии изложены в Таблицах 2-4.

Таблица 1. Оборудование локальной микросети (Рис. 3)

Обозначение	Наименование оборудования
ДВС-Г	Двигатель внутреннего сгорания – генератор
ПБ	Поточная батарея
ЭЛ1, ЭЛ2	(+) и (–) заряжаемые электролиты
Н1, Н2	Насосы
ФЭМ	Фотоэлектрические модули
ВЭ1-ВЭm	Ветряные электростанции
СГ1-СГm	Синхронные генераторы
СУ	Система управления
ЭС	Электросчетчики

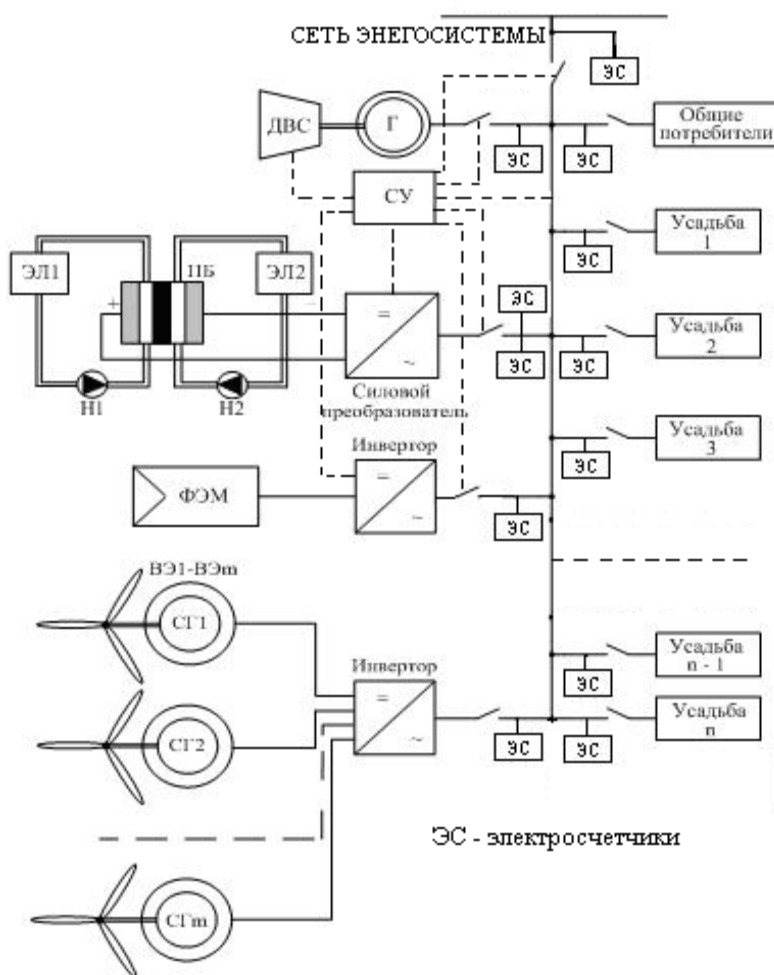


Рис. 3. Вариант локальной микросети для сельской местности

Таблица 2. Сравнение основных параметров НЭ

Тип накопителя	Типичная мощность, МВт	Типичная накопленная энергия, МВтчас	Типичное время разряда
Батареи (свинцово-кислотные, никель-кадмиевая – NiCd, никель-метал-гидридная – NiMH, литий-ионная)	0,001–0,5	1–100	1–8 ч.
НЭМ (на маховиках)	0,5–1	0,1–100	< 5 мин.
ГАЭ	100–4 000	500–15 000	4–12 ч.
НЭСВ (сжатого воздуха)	25–3 000	200–10 000	1–20 ч.
Серно-натриевая батарея (NaS)	1	1	1 ч.
СПИН	0,01–10	0,01–1	1–30 мин.
Суперконденсаторы	< 0,25	0,010	< 1 мин.
Поточная батарея	0,1–10	1–100	10 ч.
Водородный НЭ	10	Без ограничений	> 5 ч.

Таблица 3. Цели применения и технологии накопителей в электроэнергетике

Цель применения	Применяемые технологии накопителей
Улучшение качества энергии	Суперконденсаторы, СПИН, НЭМ, батареи
Балансирования мощности в сети, выравнивание нагрузки	ГАЭ, НЭСВ, поточные батареи, батареи NaS водородные накопители энергии
Интегрирование в сеть электростанций ВИЭ	НЭМ, поточные батареи, батареи NaS
Резервирование электростанций ВИЭ	ГАЭ, СПИН, поточные батареи, батареи NaS
Пиковое генерирование энергии	ГАЭ, СПИН, НЭМ, поточные батареи, батареи NaS
Стабильность передачи электроэнергии	СПИН, поточные батареи, батареи NaS

Таблица 4. Параметры долговременных и кратковременных НЭ

Наименование параметра	Технология накопления энергии						
	Долговременные накопители электроэнергии				Кратковременные накопители электроэнергии		
	ГАЭ	Батареи	НЭСВ	Топливные элементы	НЭМ	Супер-конденсаторы	СПИН
Мощность (МВт)	100 – 3000	< 100	100 – 3000	< 50	< 10	< 10	< 100
Энергия (МВтч)	<10000	< 500	50 – 5000	–	< 5	< 3	< 1000
К.п.д. цикла, %	80	50 – 90	75	20 – 36	90	90	95
Срок службы	40 лет	10 ³ –10 ⁴ цикл	30 лет	10 ⁴ часов	10 ⁶ цикл	10 ⁶ цикл	10 ⁶ цикл
Цена (€/КВтч)	35 – 70	70 – 4000	10 – 70	–	–	–	–
Цена (€/КВт)	–	–	–	–	140–350	70 – 4000	200 – 500

5. ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Основные функции системы управления:

- в автономном режиме поддерживает баланс мощностей в микросети,
- коммутирует генераторы и накопители энергии,
- управляет мощностью регулируемых источников энергии,
- поддерживает стабильность напряжения в микросети,
- поддерживает частоту напряжения микросети,

- обеспечивает сбор информации, необходимой потребителям для «умного» управления нагрузками.

Автономную микросеть с использованием ВЭ целесообразно создавать в регионах с большими потенциалом ВИЭ. Однако и в этом случае необходимая емкость накопителей тепловой и электрической энергии должна рассчитываться с учетом наличия вероятных интервалов времени без ветровой и солнечной энергии. Система тепловой энергии может быть резервирована запасом топлива,

что на практике часто имеет место в каждом доме в сельской местности.

ВЫВОДЫ

Создание в децентрализованных районах локальных микросетей представляется перспективным и, зачастую, единственно возможным вариантом надёжного электроснабжения, поскольку в этом случае создаются благоприятные условия производителям и потребителям энергии для широкого использования ВИЭ, а также предоставляется возможность влиять на процесс оптимизации работы микросети с целью снижения себестоимости электроэнергии.

Эффективность работы локальных микросетей, в основном, определяется оптимальным выбором первичных источников и технологий преобразования энергии, накопителей энергии и эффективной работой системы управления.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] **В.Б.Адомавичюс, В.В.Харченко.** *Микросеть с ветроэлектростанциями для энергообеспечения местных потребителей*, Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 7-й Международной научно-технической конференции (18–19 мая 2010 года, Москва, ГНУ ВИЭСХ), Часть 4 “Возобновляемые источники энергии. Местные энергоресурсы. Экология”, с.209–214.
- [2] **В.Б.Адомавичюс, В.В.Харченко.** *Особенности и проблемы построения микросетей*, Труды 8-й Международной научно-технической конференции (16–17 мая 2012 года, г. Москва, ГНУ ВИЭСХ), Часть 5, с.50–57.
- [3] **В.Б.Адомавичюс, В.В.Харченко, В.В.Чемеков.** *Соотношение мощностей в гибридной солнечно-ветровой водонагревательной системе*. Труды 6-й Международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве», Москва, 2008 г., с.332–337.
- [4] **C. J. Rydh.** *Environmental assessment of vanadium redox and lead-acid batteries for stationary energy storage*. Journal of Power Sources 80, 1999. P 21-29.
- [5] Report *Smart Grid Promises and Challenges*. Publisher: Energy Business Reports, October 2007. 79 p.
- [6] Report *Future of Electrical Energy Storage*. Publisher: Business Insights, February 2009. 138 p.
- [7] **P. F. Ribiero, B. K. Johnson, M. L. Crow, A. Arsoy and Y. Liu.** *Energy storage systems for advanced power applications*. Proceedings of the IEEE, Vol. 89, Issue 12, pp. 1744 – 1756, Dec. 2001



Харченко Валерий Владимирович родился 18 декабря 1938 года. После окончания средней школы в городе Владикавказ поступил в Ташкентский политехнический институт. После его окончания работал в Ташкенте в различных организациях по электронному материаловедению, в частности, по получению кремния, в том числе для солнечных элементов. С 2003 года работает в ВИЭСХ в должности главного научного сотрудника. Основное направления исследований - технологии возобновляемой энергетики. Кандидат химических наук (1969), доктор технических наук (1987). E-mail: kharval@mail.ru



Витаутас Адомавичюс родился 1 сентября 1944 года в г. Мариямполь Литовской республики. В 1962–67 г. учился на факультете Электротехники Каунасского технологического университета и закончил его, получив диплом инженера электротехники по специальности электропривода и автоматизации. С 1967 г. до настоящего времени он работает в Каунасском технологическом университете (КТУ), где занимал разные академические и научно-исследовательские должности. В течение последних 17 лет В. Адомавичюс работает в области возобновляемой энергетики. Участник многих национальных и международных проектов (включая проекты ЕС по программам FP6 и FP7). Работает ст. инженером в Центре возобновляемой энергетики факультета Инженерии электричества и управления КТУ.

Эл. почта – vytautas.adomavicius@ktu.lt, м. тел. +370 603 21339.



Гусаров Валентин Александрович родился 30 июля 1954 года в г/ Москве. Учился в Московском инженерно-строительном институте. После окончания института работал в нескольких строительных организациях Москвы. С 1990 года в ООО «НФ Находка» занимался возобновляемой энергетикой, а именно ветроэнергетикой и фотоэнергетикой. С 2005 года работает в ГНУ ВИЭСХ. в настоящее время в должности заведующего лабораторией технологий фотопреобразователей и электронных приборов, кандидат технических наук. E-mail- cosinys50@mail.ru, м. тел. 89055490121



Стребков Дмитрий Семенович родился 11 марта 1937 г. в г. Винница Украинской ССР. В 1959 г. окончил факультет электрификации Московского института механизации и электрификации сельского хозяйства - МИМЭСХ (ныне Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина). С 1960 по 1987 гг. во ВНИИТе, прошел путь от инженера до зам. главного конструктора. С 1987 г. по настоящее время директор ВЭСХ С 1987 г. член-корреспондент, а с 1997 г. - действительный член Россельхозакадемии. 1971-кандидат, 1983 г-доктор технических наук.