



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 620

## МИКРОЭНЕРГОСИСТЕМЫ НА БАЗЕ ВИЭ КАК СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ ИЗОЛИРОВАННЫХ РАЙОНОВ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

<sup>1</sup> Балаев П.А., Комаров Е.Д., Мартынов Е.А., Петракова Т.В.

ФГБОУ ВО "Национальный Исследовательский Университет "МЭИ", Москва, Россия (111250, город Москва, Красноказарменная ул, д. 14 стр. 1), e-mail: <sup>1</sup>mr.balaev2002@gmail.com

В данной статье авторы рассматривают принцип создания микроэнергосистемы в технологически изолированных электроэнергетических районах, устройство современного рынка электроэнергии и его правовую структуру. Авторами анализируется возможность развития регионов Дальнего Востока с учетом энергетического потенциала возобновляемых источников энергии и технологий автоматического управления энергосистемой. В статье приводятся примеры создания MicroGrid в технологически изолированных электроэнергетических районах в мире. Авторы делают вывод о возможности технической реализации на территории РФ микроэнергосистемы.

Ключевые слова: Развитие Дальнего Востока, технологически изолированный район, микроэнергосистема, MicroGrid, возобновляемые источники энергии, децентрализация, рынок электроэнергии.

## RES-BASED MICROPOWER SYSTEMS AS A WAY TO PROVIDE ELECTRICITY TO ISOLATED REGIONS OF THE FAR EAST

<sup>1</sup> Balaev P.A., Komarov E.D, Martynov E.A., Petrakova T.V.

"National Research University "MPEI", Moscow, Russia (111250, Moscow, Krasnokazarmennaya st., 14, bild.1), e-mail: <sup>1</sup>mr.balaev2002@gmail.com

In this article, the authors consider the principle of creating a micro-energy system in technologically isolated electric power regions, the structure of the modern electricity market and its legal structure. The authors analyze the possibility of developing the regions of the Far East, taking into account the energy potential of renewable energy sources and technologies for automatic control of the energy system. The article provides examples of the creation of MicroGrid in technologically isolated electric power regions in the world. The authors conclude that it is possible to technically implement a micro-energy system on the territory of the Russian Federation.

Keywords: Development of the Far East, technologically isolated area, micro-energy system, MicroGrid, renewable energy sources, decentralization, electricity market.

Вектор мировой энергетики уже десятилетие устремлён в сторону возобновляемых источников энергии (ВИЭ). За последние годы было реализовано много проектов, направленных как на стимуляцию развития зеленой энергетики, так и на технико-экономические исследования в этой сфере. Для России не менее актуальным вопросом является освоение территорий и ресурсов восточных регионов. Совокупность этих проблем заставляет задаться вопросом: в условиях, когда на место традиционных источников энергии

приходят объекты генерации на основе ВИЭ, а регион является труднодоступным, но перспективным для развития, имеется ли возможность обеспечить надежное электроснабжение.

Актуальным направлением в модернизации электроэнергетического сегмента является децентрализация энергоснабжения. Неоспоримыми преимуществами распределенного энергоснабжения, в особенности для самой географически протяженной страны, являются [1]:

- устойчивость и надежность: децентрализованная система энергоснабжения снижает риск отключения электроэнергии в случае аварий или сбоев в сети;
- возможность активного использования ВИЭ;
- участие граждан, способствующее повышению осведомленности и ответственности в отношении энергии и снижению потребления энергии.

Ведущими на данный момент технологиями для децентрализации электроснабжения являются микроэнергосистемы или технологии MicroGrid.

Учитывая инновационность технологического решения, необходимо предусмотреть безопасность единой электроэнергетической сети (ЕЭС) на первых стадиях разработки проекта по децентрализации, в связи с этим предлагается рассмотреть технологически изолированные регионы Дальнего Востока. Технологически изолированные регионы – это регионы, которые имеют ограниченный доступ к современным технологиям, связи и информационным ресурсам. В результате жители этих регионов могут сталкиваться с ограниченными возможностями в области образования, здравоохранения и развития, что может приводить к социальному и экономическому неравенству в сравнении с более развитыми регионами. Так, проблема оттока населения из регионов Дальнего Востока остро стоит с момента распада СССР. С 1991 года наблюдается наибольшее в масштабах страны сокращение численности населения [2].

Между тем устойчивое развитие регионов Дальнего Востока является актуальной задачей для РФ из-за ряда факторов:

- уникальный природно-ресурсный потенциал;
- наличие свободного выхода для России в Мировой океан;
- планы по освоению арктического шельфа;
- близкое расположение к странам Юго-Восточной Азии.

Последний фактор приобрел большую актуальность в 2022 году, когда существенная потеря западных партнёров вынудила российскую экономику переориентироваться на более тесное сотрудничество со странами Азии, в первую очередь с Китаем. В таких реалиях стремительная модернизация Дальнего Востока является инструментом для обеспечения национальных интересов РФ. При этом невозможно обеспечить быстрое развитие региона, занимающего 41,1% территории России без роста численности населения.

Шагом к решению упомянутых проблем стало создание государственной программы «Развитие Дальнего Востока» и соответствующего бюджета [3]. На данный момент бюджет госпроекта не предусматривает внедрения в электроэнергетический сегмент современных технологий автоматического управления. Однако, при желании бюджет сможет предусмотреть затраты, упоминаемые далее.

«Развитие Дальнего Востока» включает в себя программу «Дальневосточный гектар», законодательно закрепленную Федеральным законом от 1 мая 2016 г. N 119-ФЗ, льготную

ипотеку и субсидии на перелеты. При включении в бюджет программы статьи затрат на субсидирование сетевых компаний, находящихся в государственном владении (например, 100% акций АО «ОЭК» принадлежит Департаменту имущества Москвы), данные компании смогут реализовать закупку, разработку и монтаж необходимого MicroGrid оборудования.

Второй дополнительной статьей расходов в бюджете программы станет расширение программы «Дальневосточный гектар». На данный момент граждане РФ, а также участники Государственной программы по оказанию содействия добровольному переселению в РФ соотечественников, проживающих за рубежом, и членам их семей, совместно переселяющимся на постоянное место жительства в РФ, имеют права в упрощенном порядке на пять лет безвозмездно получить в собственность земельный участок площадью не более одного гектара. Однако, возможно дополнение в виде субсидий на закупку объектов генерации на базе ВИЭ, например, солнечных батарей суммарной мощностью не более 15 кВт [4].

Сделав ряд допущений, в виде возможных источников финансирования, перейдем к описанию микроэнергосистемы или технологий MicroGrid, призванных способствовать децентрализации и обеспечить электроэнергией изолированные районы Дальнего Востока.

MicroGrid – локальная энергосистема или система электроснабжения, представляющая собой технологический комплекс в составе объектов генерации, источников энергетической гибкости и потребителей электроэнергии, которые собраны под единым управлением в целях обеспечения как можно более эффективного и удобного для потребителя энергоснабжения [5].

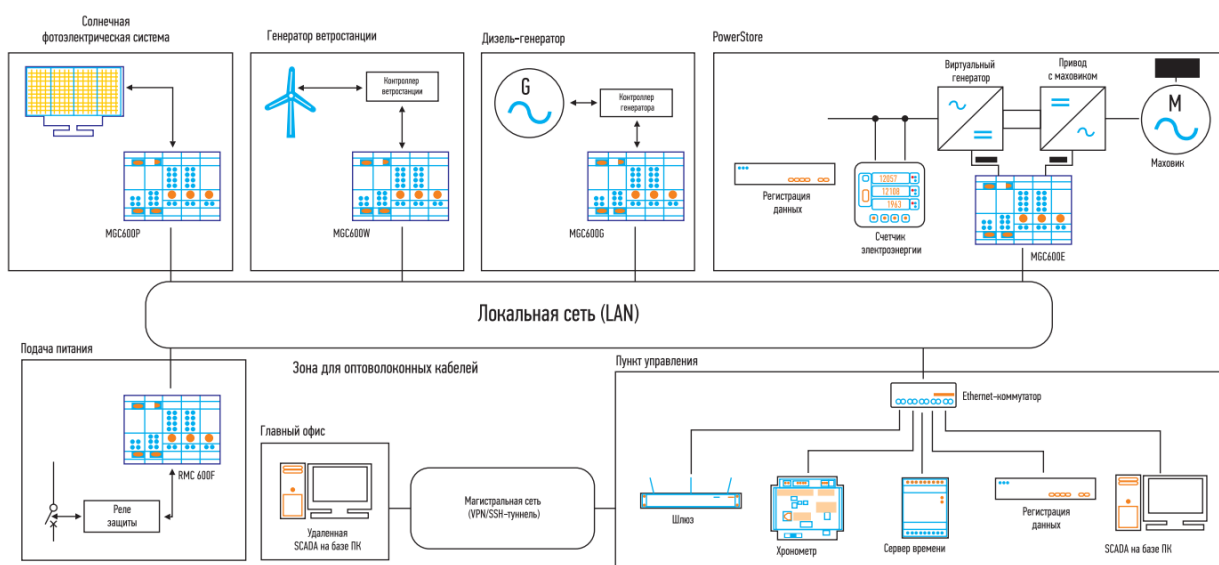


Рисунок 1 – Структура MicroGrid.

В случае отключения от центральной сети или при ее использовании в качестве резерва, оборудование, оснащенное интеллектуальной технологией MicroGrid, способно задействовать внутренние генерирующие устройства. MicroGrid обладает в том числе следующим функционалом [6]:

- работа как при подключении к общей центральной сети, так и стационарно;
- способность успешно использовать ВИЭ;
- повышение эффективности и надежности энергосистемы в целом.

В подобной децентрализованной энергосистеме присутствуют распределенная генерация и потребители, в том числе обладающие возможностью управлять своим потреблением. Между всеми этими субъектами поддерживается свободный энергообмен, обеспечиваемый энергетической инфраструктурой, и двусторонний обмен информацией, необходимый для энергообмена и взаимной торговли, осуществляемой на тех или иных рыночных площадках. Но реализация распределенной энергетики с использованием централизованной архитектуры энергосистем оказывается неэффективной. На этом этапе появляются архитектурные инновации разработанные, например, Инфраструктурным центром «Энерджинет» [7].

Технологически создание микроэнергосистемы на территориях Дальнего Востока с применением упомянутой современной кибер-физической инфраструктурой возможно. Однако, дополнительно стоит проанализировать экономическую структуру подобного проекта.

Мировой опыт показывает, что MicroGrid в определенных ситуациях могут обеспечить снижение расходов коммерческих и промышленных потребителей на электроснабжение в диапазоне от 5% до 25% [8].

Какие изменения на рынке электроэнергии возможны в микроэнергосистемах Дальнего Востока?

Тариф электроэнергии в сетях ЕЭС складывается из четырех составляющих: стоимость производства, стоимость передачи электроэнергии, инфраструктурные платежи, сбытовая надбавка. Стоимость производства определяется рыночным путем, то есть зависит от спроса и предложений на рынке. Тариф на передачу электроэнергии регулируется госорганами и зависит от уровня напряжения в электросети потребителя. Сбытовая надбавка координируется госорганами в соответствии с максимальной мощностью предприятия. Инфраструктурные платежи – оказание услуг по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике и услуг на оптовом и розничных рынках [4].

Микроэнергосистеме персонал для обслуживания потребителей (гарантирующий поставщик) необходим на оптовом и розничном рынке, однако цены, в отличии от ЕЭС, на данных рынках являются регулируемыми [9, разд. VII и XII; 10]. С помощью автоматизированных систем управления мы можем уменьшить влияние сбытовой надбавки на тариф и обеспечить централизованное управление в технологически изолированных территориальных электроэнергетических системах (ТИЭС). Таким образом, мы можем уменьшить инфраструктурные платежи и сбытовые надбавки тарифа.

Протяженность линий в ТИЭС значительно меньше, количество трансформаций напряжения меньше, как следствие, уменьшаются потери электроэнергии в проводах, что приводит к снижению составляющей на передачу. Снижение затрат на генерацию за счет уменьшения топливной составляющей в генерации аналогично влияет на ценообразование тарифа.

Экономический эффект, который MicroGrid приносят входящим в них потребителям, формируется следующими факторами:

- снижение расходов на покупку электроэнергии и мощности на розничном рынке;
- снижение расходов на оплату услуги электрических сетей по транспорту электроэнергии;

- повышение надежности электроснабжения и снижение потерь от обесточивания.

Примером успешного использования MicroGrid для коммерческой недвижимости может являться Штаб-квартира кампуса Bostone One Campus в США, проект, выполненный компанией Schneider Electric и REC Solar. Усовершенствованная микросеть включает 1379 солнечных модулей, а также фотоэлектрические инверторы, преобразующие 448 кВт постоянного тока в переменный. В качестве источника резервного питания используется газопоршневой генератор. Разработанный компанией Schneider Electric EcoStruxure Microgrid Advisor, использующий подключенное оборудование, программное обеспечение и облачную аналитику, позволяет кампусу более эффективно закупать, потреблять энергию, а также рационально ей управлять. Microgrid Advisor использует данные прогноза погоды и другие оперативные данные для оптимизации энергоэффективности в отношении солнечных панелей, накопителей энергии, зарядки электромобилей, зданий и производство электроэнергии с помощью газопоршневого генератора. Площадь кампуса более 22 300 квадратных метров, на территории которого работает около 750 сотрудников. Проект был реализован в 2014 году [12].

Обеспечить возрастающие требования по качеству и надежности энергоснабжения на территориях с неценовым образованием тарифа так, чтобы собственная генерация благополучно конкурировала с покупкой электроэнергии из сети, на данном этапе технико-экономического развития России можно с помощью интеллектуальных систем управления и управляемой нагрузкой на базе MicroGrid. Кроме этого, удастся выполнить требования правительства по развитию безуглеродной энергетики на территории РФ [11] и создать прецедент для развития новой отрасли промышленности, осуществляющей изготовление, наладку и контроль систем MicroGrid.

### Список литературы

1. Пиляева О.В. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении // Эпоха науки. – 2020. – №23 с. 30-32;
2. Гальцева Н.В., Фавстрицкая О.С., Шарыпова О.А. Социально-экономические факторы миграционных процессов в Магаданской области // Региональные проблемы. – 2015. – №3;
3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 24.09.2020 № 2464-р;
4. Федеральный закон от 26 марта 2003 г. N 35-ФЗ «Об электроэнергетике» (с изменениями и дополнениями);
5. Михаил Шилер, Евгений Рублевский. MicroGrid – ответ на новые вызовы электроэнергетики // Control Engineering (Россия). – №4(70). – 2017. – С. 80-84;
6. Балаев П.А., Сивеев Т.М., Груздов А.Г., Пашковская Е.Е. Интеллектуальные технологии управления и автоматики в энергосистеме // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2022. – Т. 7 № 3(25) часть 3 С. 51-58;
7. Дмитрий Холкин, Игорь Чаусов, Илья Бурдин, Алена Рыбушкина Архитектура интернета энергии (IDEA) [Электронный источник] URL: [https://www.researchgate.net/publication/352560662\\_ARHITEKTURA\\_INTERNETA\\_ENERGII\\_IDEA\\_Versia\\_20](https://www.researchgate.net/publication/352560662_ARHITEKTURA_INTERNETA_ENERGII_IDEA_Versia_20) (дата обращения: 01.07.2023);

8. Игорь Чаусов, Борис Бокарев, Владимир Сидорович Активные энергетические комплексы – первый шаг к промышленным микрогридам в России [Электронный источник] URL: [https://www.researchgate.net/publication/352192839\\_Aktivnye\\_energeticeskie\\_kompleksy\\_-\\_pervuj\\_sag\\_k\\_promyslennym\\_mikrogridam\\_v\\_Rossii](https://www.researchgate.net/publication/352192839_Aktivnye_energeticeskie_kompleksy_-_pervuj_sag_k_promyslennym_mikrogridam_v_Rossii) (дата обращения: 01.07.2023);
9. Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 № 442 (ред. от 08.06.2023) «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» (вместе с «Основными положениями функционирования розничных рынков электрической энергии», «Правилами полного и (или) частичного ограничения режима потребления электрической энергии»);
10. Постановление № 299 от 02.03.2021 г. «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации в части определения особенностей правового регулирования отношений по функционированию объектов микрогенерации»;
11. Распоряжение Правительства РФ № 1523-р «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года»;
12. Schneider Electric Unveils Advanced Microgrid at Boston One Campus HQ [Электронный источник] URL: [https://www.se.com/us/en/download/document/06APR17-BOC\\_Unveiling/](https://www.se.com/us/en/download/document/06APR17-BOC_Unveiling/) (дата обращения: 01.07.2023).

## References

1. Pilyaeva O.V. Renewable energy in decentralized power supply // Epoch of Science. - 2020. - No. 23 pp. 30-32;
2. Galtseva N.V., Avstriyskiy O.S., Sharypova O.A. Socio-economic factors of migration processes in the Magadan region // Regional problems. - 2015. - No. 3;
3. Decree of the Government of the Russian Federation dated September 24, 2020 No. 2464-r;
4. Federal Law No. 35-FZ of March 26, 2003 “On the Electric Power Industry” (as amended and supplemented);
5. Mikhail Shiler, Evgeny Rublevsky. MicroGrid - a response to new challenges in the power industry // Control Engineering (Russia). - No. 4 (70). - 2017. - pp. 80-84;
6. Balaev P.A., Siveev T.M., Gruzlov A.G., Pashkovskaya E.E. Intelligent control and automation technologies in the energy system // International Journal of Information Technologies and Energy Efficiency. - 2022. - V. 7 No. 3 (25) part 3 pp. 51-58;
7. Dmitry Kholkin, Igor Chausov, Ilya Burdin, Alena Rybushkina Internet of Energy Architecture (IDEA) [Electronic source] URL: [https://www.researchgate.net/publication/352560662\\_ARHITEKTURA\\_INTERNETA\\_ENERGII\\_IDEA\\_Versia\\_20](https://www.researchgate.net/publication/352560662_ARHITEKTURA_INTERNETA_ENERGII_IDEA_Versia_20) (accessed: 07/01/2023);
8. Igor Chausov, Boris Bokarev, Vladimir Sidorovich Active energy complexes - the first step towards industrial microgrids in Russia [Electronic source] URL: [https://www.researchgate.net/publication/352192839\\_Aktivnye\\_energeticeskie\\_kompleksy\\_-\\_pervuj\\_sag\\_k\\_promyslennym\\_mikrogridam\\_v\\_Rossii](https://www.researchgate.net/publication/352192839_Aktivnye_energeticeskie_kompleksy_-_pervuj_sag_k_promyslennym_mikrogridam_v_Rossii) (date of access: 01.07.2023) ;
9. Decree of the Government of the Russian Federation of 04.05.2012 No. 442 (as amended on 08.06.2023) “On the functioning of retail electricity markets, complete and (or) partial

- restriction of the mode of consumption of electricity” (together with the “Basic provisions for the functioning of retail electricity markets”, “Rules for the complete and (or) partial restriction of the mode of consumption of electrical energy”);
10. Decree No. 299 dated March 2, 2021 “On Amendments to Certain Acts of the Government of the Russian Federation in Part of Determining the Peculiarities of Legal Regulation of Relations on the Operation of Microgeneration Facilities”
  11. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1523-r “On approval of the Energy Strategy of the Russian Federation for the period up to 2035”;
  12. Schneider Electric Unveils Advanced Microgrid at Boston One Campus HQ [Electronic source] URL: [https://www.se.com/us/en/download/document/06APR17-BOC\\_Unveiling/](https://www.se.com/us/en/download/document/06APR17-BOC_Unveiling/) (Accessed 07/01/2023).
-