

УДК 621.311

Мясоедова Лариса Анатольевна
Амурский государственный университет,
г. Благовещенск, Россия
E-mail: lo.myasoedova@gmail.com
Myasoedova Larisa Anatolievna
Amur State University,
Blagoveshchensk, Russia
E-mail: lo.myasoedova@gmail.com

МОДЕРНИЗАЦИЯ ИЗОЛИРОВАННЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С УЧЕТОМ ИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ

MODERNIZATION OF ISOLATED POWER SUPPLY SYSTEMS TAKING INTO ACCOUNT THEIR INTELLECTUALIZATION

Аннотация. Основными проблемами изолированных (автономных) систем электроснабжения являются высокие затраты на привозное топливо для источников питания, ограниченные возможности интеграции с объединенной энергосистемой, слабая инфраструктура построения электрических сетей, а также отсутствие цифровизации при управлении ими. В статье рассматриваются вопросы модернизации систем электроснабжения в изолированных регионах России с использованием возобновляемых источников энергии на основе цифровизации и интеллектуализации существующей энергетической инфраструктуры.

Abstract. The main problems of isolated (autonomous) power supply systems are the high costs of imported fuel for power supplies, limited integration with the unified energy system, weak infrastructure for building electric networks, as well as the lack of digitalization in their management. The article discusses the issues of modernization of power supply systems in isolated regions of Russia using renewable energy sources based on digitalization and intellectualization of the existing energy infrastructure.

Ключевые слова: система электроснабжения, возобновляемые источники энергии, децентрализованное электроснабжение, интеллектуальная сеть, цифровизация.

Key words: power supply system, renewable energy sources, decentralized power supply, intelligent network, digitalization.

Введение

На современном этапе вклад возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в производство электроэнергии в мире возрос до 10 %, а к 2040 г. их доля составит около 30%. Однако потребление органического топлива при этом не снизилось, к тому же Международное энергетическое агентство прогнозирует рост доли газа до 26% за тот же период [1].

Стремление развитых стран использовать «зеленую энергетику» обусловлено экологическими аспектами ВИЭ, в частности снижением выбросов углекислого газа, уменьшении-

ем техногенных катастроф. К тому же при вводе новых генерирующих мощностей наблюдается их децентрализация, т.е. превалирует рост распределенной генерации. Это характерно для Германии, Австралии и других стран, в которых планируется к 2040 г. достигнуть доли распределенной генерации порядка 45% от общей установленной мощности [1].

В Российской Федерации наиболее эффективно – внедрять ВИЭ и сопутствующие им технологии при обеспечении энергией районов с дефицитом топлива и плохими транспортными условиями. Такие районы характеризуются рассредоточенными потребителями, получающими электроэнергию исключительно от независимых источников, что создает необходимость в срочном решении вопросов, связанных с развитием, цифровизацией и интеллектуализацией их систем электроснабжения в рамках четвертого «энергетического перехода».

Определение и актуальность выявленной проблемы

Вопросы надежности и качества электроэнергии при электроснабжении изолированных или удаленных территорий имеют социальную, техническую и экономическую значимость: из-за невозможности подключения к централизованной системе электроснабжения их питание осуществляется от дизельных электростанций (ДЭС). Население этих территорий – малые северные народности, образ жизни которых формирует структуру в виде сельскохозяйственных, горнодобывающих и сырьевых производств (оленоводство, животноводство, земледелие, добыча руды, драгметаллов, пушное звероводство, рыболовство, лесозаготовки и др.). Осуществлять электроснабжение таких потребителей можно лишь двумя способами: строительством линий электропередачи или использованием стационарных и передвижных дизельных электростанций, количество которых в РФ составляет более 5 тысяч, при выработке 2 млрд. кВт·ч электрической энергии.

Использовать линии электропередачи, работающие практически на холостом ходу, нецелесообразно, к тому же строительство и эксплуатация таких линий связаны со значительными затратами.

Если рассматривать второй вариант электроснабжения изолированных территорий – питание от ДЭС, то здесь также имеются недостатки, обусловленные плохим техническим состоянием дизель-генераторов, высокими эксплуатационными расходами, плохой логистикой транспорта топлива и перебоями в его поставках (иногда затраты на топливо составляют до 80%, а его себестоимость достигает 70 руб. за 1 кВт·ч электроэнергии [2]), ограниченностью сроков сезонного завоза, слабым развитием транспортной инфраструктуры, зависимостью от бюджетного финансирования.

Модернизация систем электроснабжения удаленных потребителей малой мощности на основе гибридных электростанций, включая ВИЭ

Наиболее целесообразным представляется компромиссный вариант разработки автономных (децентрализованных) систем электроснабжения, основанный на использовании гибридного подхода к выработке электроэнергии, связанный с совместным использованием модульных ДЭС и местных альтернативных источников энергии, что даст существенную экономию топливных ресурсов (на 50% и более), снизит затраты на их транспортировку, а также на 25% уменьшит расходы на эксплуатацию [3]. Все это позволит повысить надеж-

ность системы электроснабжения и обеспечить выработку электроэнергии при отсутствии или недостатке дизельного топлива.

Чтобы осуществить реализацию этого варианта, следует в зависимости от специфики района произвести выбор возможных ВИЭ, затем, используя возможности цифрового двойника – виртуальной электростанции [4], оценить эффективность ВИЭ, возможности автономной и совместной работы с ДЭС, использования накопителей энергии, внедрения технологий Smart Grid с целью обеспечить надежное и бесперебойное электроснабжение района, а также регулирование частоты, поддержание уровня напряжения и необходимого качества электроэнергии удаленно.

В изолированных регионах РФ потенциал ВИЭ значителен, но используются они, к сожалению, недостаточно. Разработка теоретических подходов к использованию перспективных технологий по внедрению ВИЭ значительно опережает их реализацию. Хотя уже сейчас имеются проекты по внедрению ВИЭ с несколькими вариантами их использования: мини- и микроГЭС, ветростанции, геотермальные станции, солнечные электростанции.

Таким образом, в изолированных районах России целесообразно использовать ДЭС и готовые модификации автономных, автономно-гибридных и сетевых солнечных электростанций (Helios House Co Ltd – Санкт-Петербург, Хевел – Новочебоксарск) в сочетании с ветряными станциями, так как энергия ветра дешевле всех остальных видов «зеленой энергии». Например, в Дании около 50% энергии получают от ветроэлектростанций.

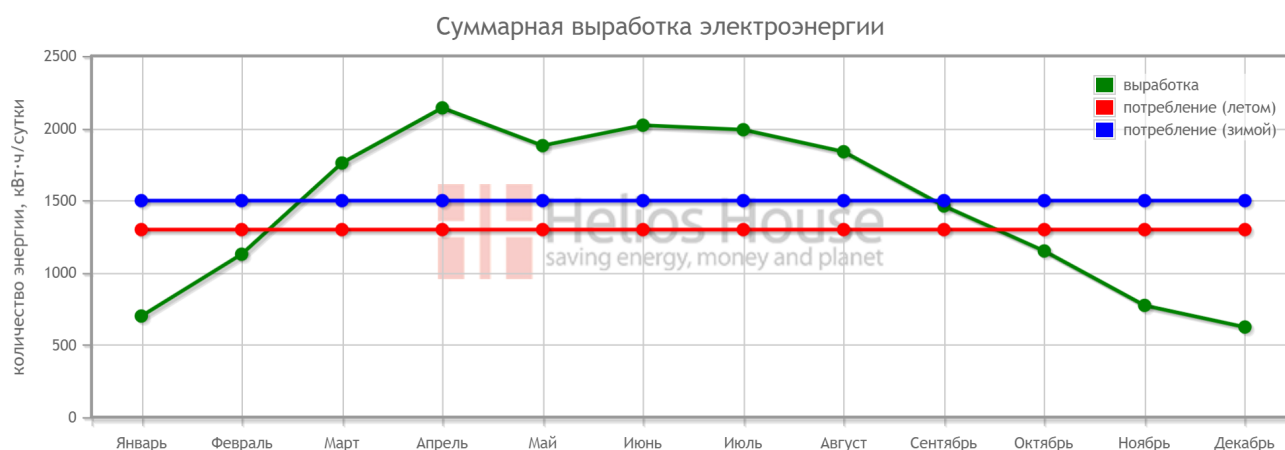
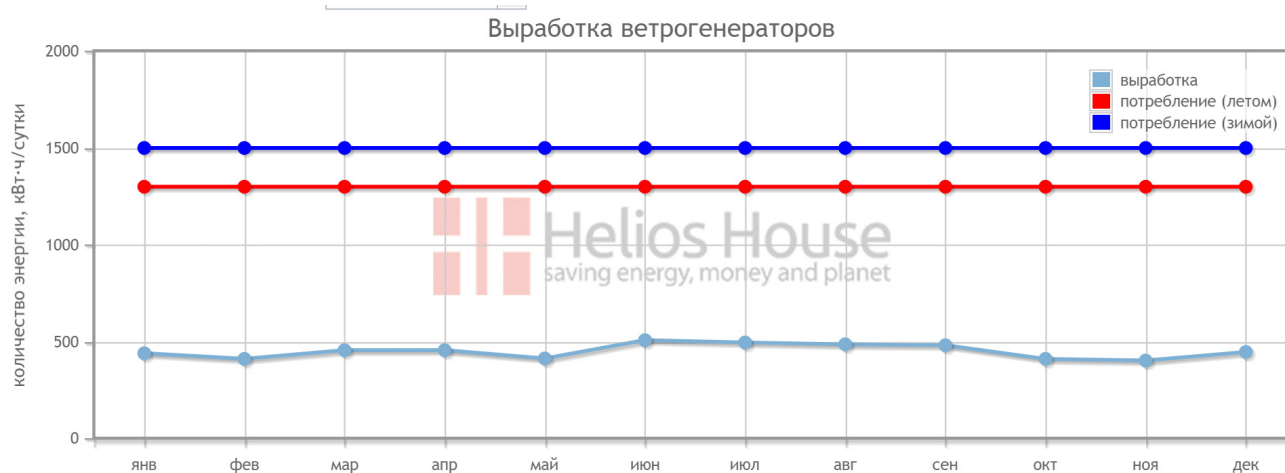
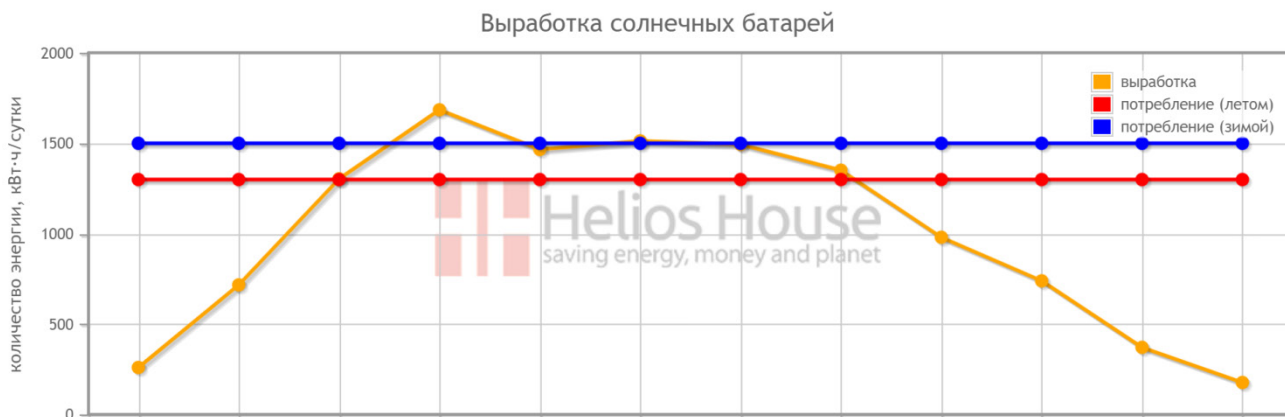
Рассмотрим реализацию гибридной электростанции на территории Республики Саха (Якутия), где в 70% населенных пунктов отсутствует централизованное электроснабжение. Основная наша задача – снижение расхода дизельного топлива и затрат на его доставку. В республике наибольшая солнечная активность наблюдается в марте – сентябре, а максимальная скорость ветра – в сентябре – феврале.

Данные по электропотреблению показаны в таблице, они взяты из справочника [5]. Для нашего примера принимается солнечная электростанция, интегрируемая в систему электроснабжения, т.е. энергия, вырабатываемая такой станцией, полностью идет электропотребителям. При нехватке генерации дополнительная мощность будет поступать от ветроустановок или от ДЭС.

Удельное электропотребление в поселениях

Степень благоустройства поселений	Электропотребление, кВт·ч /год на 1 чел.	Использование максимума электрической нагрузки, ч/год
Поселки и сельские поселения (без кондиционеров):		
не оборудованные стационарными электроплитами	950	4100

Расчеты проведем для стандартного поселения с числом жителей 500 человек, по методике [6]. Рассмотрим солнечные батареи марки НН-POLY280W мощностью 280-300 Вт и ветроустановки НУ-1000L мощностью 1000 Вт, при этом предусмотрим дополнительное резервирование за счет установки аккумуляторных батарей типа DeltaGX 12-100. Производство электроэнергии для каждого месяца, а также суммарная выработка показаны на рис. 1.



▼ Среднемесячная выработка электроэнергии, кВт·ч/сутки (нажмите для просмотра)

Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
702.90	1129.91	1760.06	2141.05	1879.90	2021.20	1989.94	1837.89	1463.19	1152.30	776.51	626.98

Среднегодовая выработка электроэнергии: **1456.82** кВт·ч/сутки. Суммарная выработка электроэнергии за год: **531738.74**

Рис. 1. Выработка электроэнергии.

Блочная схема гибридной электростанции показана на рис. 2.

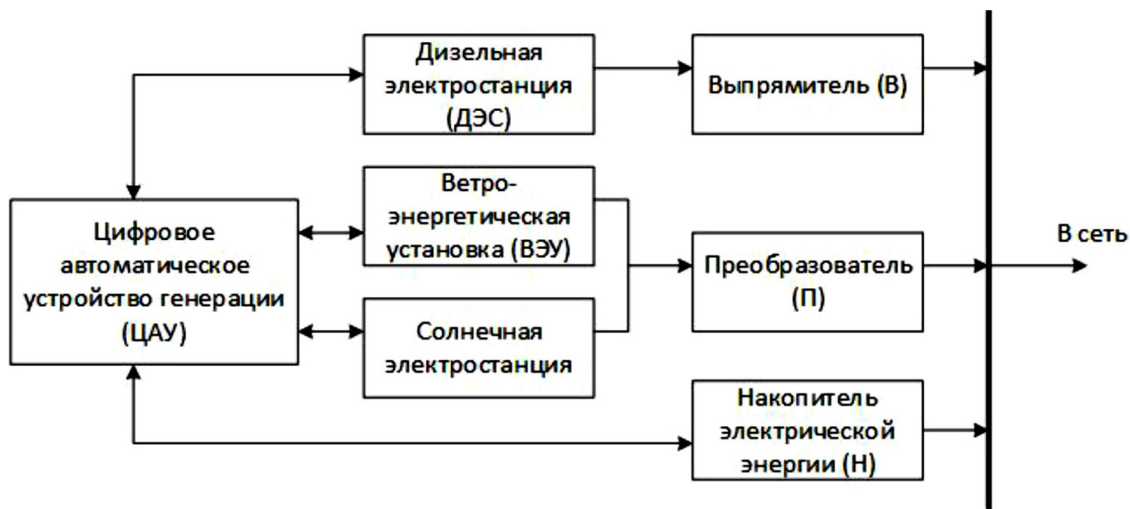


Рис. 2. Блочная схема гибридной электростанции с элементами smart grid.

Роль интеллектуализации в решении проблем изолированных энергосистем

Интеллектуализация систем электроснабжения заключается в автоматизации управления энергетическими ресурсами, интеграции возобновляемых источников энергии (ВИЭ), а также использовании передовых информационных технологий для повышения эффективности генерации, распределения и потребления энергии. Основные интеллектуальные решения включают: «умные сети» (smart grids), «интернет вещей» (IoT), системы управления на основе искусственного интеллекта (AI), системы хранения энергии.

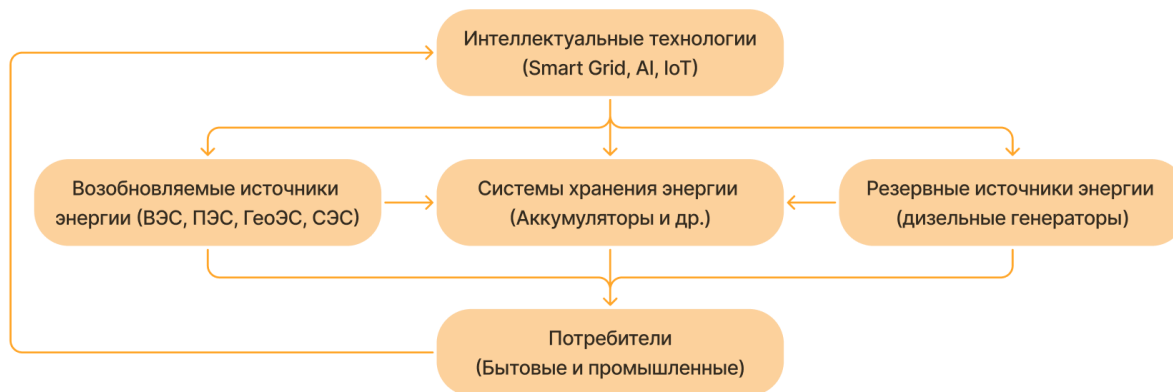


Рис. 3. Взаимодействие элементов интеллектуальной изолированной системы.

Поэтому для гибридных электростанций удаленных территорий необходимы интеллектуальные сети, в которых будут реализованы энергетические информационные сети, осуществлен контроль и управление энергоресурсами, внедрены энергосберегающие технологии, реализованы возможности автономного электроснабжения. Предложенный подход к системам автономного электроснабжения потребителей позволит сэкономить 10–20% ресурсов [7-13]. Пример реализации системы с контролем, накоплением, стабилизацией и параллельной эксплуатацией традиционных и возобновляемых источников MicroGrid Plus приведен в [14].

Заключение

Таким образом, в условиях низкой экономической эффективности централизованного электроснабжения удаленных территорий с малой плотностью электрических нагрузок целесообразно применять гибридные электростанции с использованием местных ВИЭ, дающих не только экономический, но и экологический эффект.

Интеллектуализация систем электроснабжения изолированных энергорайонов России – неотъемлемая часть перехода к децентрализованной модели энергетики. Внедрение «умных сетей», интеграция ВИЭ и использование передовых информационных технологий позволят значительно повысить надежность и эффективность электроснабжения, особенно в отдаленных и труднодоступных регионах. Системный переход от централизованного к децентрализованному электроснабжению, обозначенный в энергетической стратегии до 2035 г., отлично подходит к отдаленным территориям Дальнего Востока и позволит получить максимальную социально-экономическую пользу, сохраняя лидирующие позиции в электроэнергетике.

1. Алексеенко, С.В. Новый этап четвертого энергетического перехода. // [Электронный ресурс]: URL: <https://www.eprussia.ru/epr/374/9335671.htm> (дата обращения 01.09.2024).

2. Трутнев, Ю.П. Изолированные территории Дальнего Востока должны получить новую генерацию с использованием возобновляемых источников энергии [Электронный ресурс]: Министерство Российской Федерации по развитию Дальнего Востока и Арктики, 2021 – Режим доступа: <https://minvr.gov.ru/press-center/news/yuriy-trutnev-izolirovannye-territorii-dalnego-vostoka-dolzhen-poluchit-povnyu-generatsiyu-s-ispolzo-32027/> (Дата обращения: 18.03.2022).

3. Суслов, К.В. Развитие систем электроснабжения изолированных территорий России с использованием возобновляемых источников энергии // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – Т. 21, №5. – С. 131-142. – Режим доступа: http://journals.istu.edu/vestnik_irtgu/journals/2017/05/articles/12.

4. Othman, M.M., Hegazy, Y.G., Abdelaziz, A.Y. Electrical energy management in unbalanced distribution networks using virtual power plant concept // Electric Power Systems Research. – 2017. – Vol. 145. – P. 157-165.

5. Шукуров, И.С. Инженерные сети : учебник / И.С. Шукуров, И.Г. Дьяков, К.И. Микири. – М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. – 278 с. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/49871.html> (дата обращения: 01.09.2024). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

6. Helios House Co Ltd. Системы автономного и резервного энергоснабжения // [Электронный ресурс]: URL: <https://helios-house.ru/on-line-kalkulyator.html> (дата обращения 01.09.2024).

7. Электроэнергетика России – 2030. Целевое видение / под ред. Б.Ф. Вайнзихера – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. – 352 с.

8. Анализ мирового и российского опыта использования технологий Smart Grid. Разработка рекомендаций по применению технологий Smart Grid в российской электроэнергетике: науч.-техн. исполн. / Б.Б. Кобец [и др.]. – М.: ИНВЭЛ, 2010. – 122 с.: рис.

9. Волкова, И.О., Бурда, Е.Д., Гаврикова, Е.В., Суслов, К.В., Косыгина, А.В., Горгишели, М.В. Трансформация электроэнергетики: тренды, модели, механизмы и практики управления. Монография. – Иркутск, 2020. – 354 с.

10. Боровских, О.В. Анализ влияния распределенной генерации на активно-адаптивные сети электроснабжения. Инновации и наука / О.В. Боровских, М.А. Жуков, А. В. Романов, 2021.

11. Доржиева, В.В. Цифровая трансформация как национальный приоритет развития Российской

Федерации и драйвер экономической интеграции в ЕАЭС // Вопросы инновационной экономики. – 2021. – №4. – С. 6.

12. Аднан, З. Амин - генеральный директор Международного агентства по возобновляемым источникам энергии, Абу-Даби (Объединенные Арабские Эмираты) // Как возобновляемые источники энергии могут стать конкурентоспособными по цене и стоимости вырабатываемой энергии. - URL: <https://www.un.org/ru/chronicle/article/22064> (дата обращения 04.04.2023).

13. Министерство энергетики Российской Федерации. Официальный сайт. Ведомственный проект "Цифровая энергетика" - [Электронный ресурс]: URL: <https://minenergo.gov.ru/node/14559> (дата обращения 25.02.2024).

14. Шиллер, М., Рублевский, Е. Control engineering Россия / MICROGRID – ответ на новые вызовы электроэнергетики // [Электронный ресурс]: URL: <https://controlengrussia.com/otraslevye-resheniya/microgrid> (дата обращения 01.09.2024).