

Научная статья
УДК 621.316
doi:10.37614/2949-1215.2024.15.2.004

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ СПРОСОМ: ТАНДЕМ ДЛЯ УСТОЙЧИВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ БУДУЩЕГО

Никита Игоревич Лазарев

*Центр физико-технических проблем энергетики Севера Кольского научного центра
Российской академии наук, Апатиты, Россия, n.lazarev@ksc.ru*

Аннотация

В статье показаны преимущества распределенной генерации и управления спросом как ключевые технологии распределенной энергетики. Объединение этих подходов рассматривается как эффективный инструмент для оптимизации использования ресурсов, снижения затрат, повышения надежности и обеспечения гибкости электроэнергетической системы, особенно для удаленных территорий. Примеры реализации распределенной энергетики в Мурманской области демонстрируют преимущества децентрализованного энергоснабжения.

Ключевые слова:

распределенная генерация, управление спросом, энергоэффективность, виртуальная электростанция

Благодарности:

работа выполнена в рамках государственного задания Центра физико-технических проблем энергетики Севера Кольского научного центра Российской академии наук (FMEZ-2022-0014).

Original article

DISTRIBUTED GENERATION AND DEMAND RESPONSE: A TANDEM FOR A SUSTAINABLE ENERGY OF THE FUTURE

Nikita I. Lazarev

*Northern Energetics Research Centre of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences,
Apatity, Russia, n.lazarev@ksc.ru*

Abstract

The article discusses the advantages of distributed generation and demand response as key technologies for distributed energy sector. The combination of these approaches is considered as an effective tool to optimize the use of resources, reduce costs, improve reliability and ensure flexibility of the power system, especially for remote areas. Examples of distributed energy implementation in the Murmansk region demonstrate the advantages of decentralized energy supply.

Keywords:

distributed generation, demand response, energy efficiency, virtual power plant

Acknowledgments:

The work was carried out within the framework of the State Research Program of the Northern Energetics Research Centre of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences (FMEZ-2022-0014).

Введение

Централизованная энергетическая система России сегодня не обеспечивает потребности развития отдаленных территорий. Распределенная энергетика является ключевым направлением в переходе от традиционных энергосистем к новым технологиям гибкого построения и интеллектуального управления энергетическими сетями. Этот подход основан на использовании распределенной генерации, управлении спросом и энергоэффективностью, систем накопления энергии. Базовое свойство этих технологий — близость к потребителю энергии (рис. 1).

Развитие распределенной энергетики в Мурманской области приведет к переходу от монопольной традиционной системы к диверсификации электроснабжения, теплоснабжения, разнообразию типов и форм взаимодействия энергообъектов большой и малой распределенной энергетики. Перспектива развития распределенной энергетики будет наиболее заметна в отдаленных районах, где невозможно

использовать централизованные системы. За счет внедрения различных технологий распределенной энергетики с использованием возобновляемых источников энергии можно закрыть значительную часть потребности в электроэнергии. Мурманская область обладает значительным потенциалом для развития возобновляемых источников энергии [1].

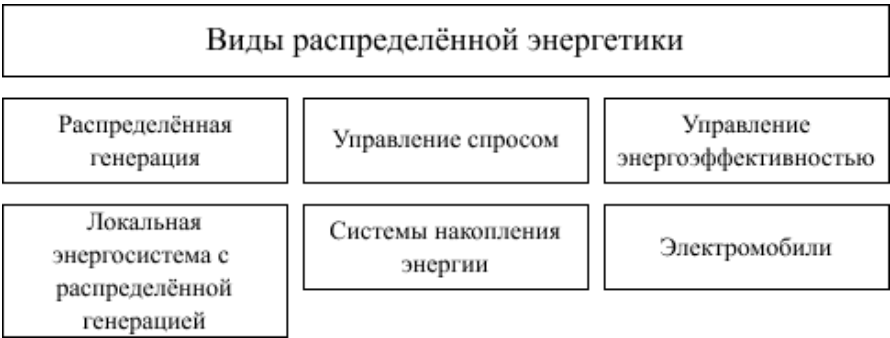


Рис. 1. Виды распределенной энергетики
Fig. 1. Types of distributed energy sector

Распределенная генерация

Производство электроэнергии в основном зависит от централизованных генерирующих мощностей. Централизованные генерирующие установки расположены в удаленных от потребителей местах, передача электроэнергии вызывает ее потери, снижает ее качество и надежность. Для преодоления этих проблем в энергетике используют технологию распределенной генерации. Ее внедрение позволит наиболее гибко использовать региональную ресурсную базу, а также повысить энергоэффективность, снизить выбросы парниковых газов и затраты на развитие сетевого комплекса и крупной генерации. Это поспособствует сдерживанию роста цен на электроэнергию, расширению потребительского выбора, повышению инвестиционной привлекательности энергетики, созданию новых рабочих мест.

В целом распределенная генерация способна повысить эффективность электроэнергетического сектора, тем не менее добавление значительного количества объектов распределенной генерации может серьезно снизить надежность сети, хотя различные подходы к стратегии децентрализации и управлению созданной сетью могут смягчить негативные последствия [2]. По мере децентрализации сетей распределенная генерация может быть использована для регулирования реактивной мощности во всей распределительной системе, что обеспечит устойчивую и экономичную работу энергосистемы [3]. Для эффективного применения технологий распределенной генерации следует изучить варианты возможных интегрированных систем, сочетающие несколько технологий малой энергетики в составе единого генерирующего комплекса, находящегося под единым управлением.

В настоящее время невозможно полностью отказаться от мощных электростанций и перейти к децентрализации производства электроэнергии как по экономическим причинам, так и из-за сложности управления многими объектами и их технического обслуживания и необходимости поддержания постоянного баланса генерации и потребления.

Энергосистема Мурманской области является уникальной по своей структуре: в ее составе работают 17 гидроэлектростанций, общая установленная мощность которых составляет 1617 МВт, 2 тепловые электростанции — 250 МВт, Кольская атомная электростанция — 1760 МВт и Кольская ветряная электростанция — 201 МВт [4].

Несмотря на хорошо развитую систему электроснабжения в Мурманской области можно выделить несколько десятков удаленных населенных пунктов, которые находятся в зоне децентрализованного электроснабжения. Обеспечение их надежной и качественной электроэнергией остается одной из ключевых задач. Опыт использования распределенной энергетики в Мурманской области представлен на рис. 2.



Рис. 2. Источники распределенной генерации в Мурманской области
Fig. 2. Sources of distributed generation in the Murmansk region

Управление спросом

Управление спросом розничных потребителей электроэнергии служит важным инструментом для обеспечения гибкости электроэнергетической системы, обеспечивая поддержание и регулирование баланса спроса и предложения электроэнергии. С точки зрения поддержания и регулирования электропотребления интерес вызывают потребители, способные без значительных затрат оптимизировать график своего электропотребления в интересах энергосистемы.

Для реализации технологии управления спросом в России были внесены изменения в нормативно-правовые акты, касающиеся деятельности агрегаторов управления спросом на электроэнергию. Также происходит улучшение механизмов ценозависимого снижения потребления электроэнергии и оказания услуг по обеспечению системной надежности. Такие изменения позволят преобразовать архитектуру электроэнергетики и соответствующую нормативно-правовую базу [5].

Управление спросом можно рассмотреть как дополнение к распределенной генерации. Сочетание распределенной генерации и управления спросом является эффективным инструментом для повышения эффективности и надежности электроэнергетических систем, позволяет оптимизировать использование ресурсов, снизить затраты, повысить надежность и создать более устойчивую энергетическую систему.

Таким образом, совместно рассматриваемые распределенная генерация и система управления спросом могут быть представлены в качестве «виртуальной» электростанции [6], которая интегрирует решения по управлению спросом и предложением распределенной генерации,

обеспечивает эффективное управление спросом на электроэнергию и позволяет оптимизировать графики нагрузок потребителей. Объединение генерирующих мощностей и потребителей помогает сгладить пиковые нагрузки и снизить цену на электроэнергию [7].

Инструмент управления спросом подходит для оказания энергосистеме широкого спектра услуг (рис. 3). Управление спросом стоит в ряду с традиционной и возобновляемой генерацией, способно с хорошим качеством оказывать услуги по регулированию, стабилизации и восстановлению частоты [3].

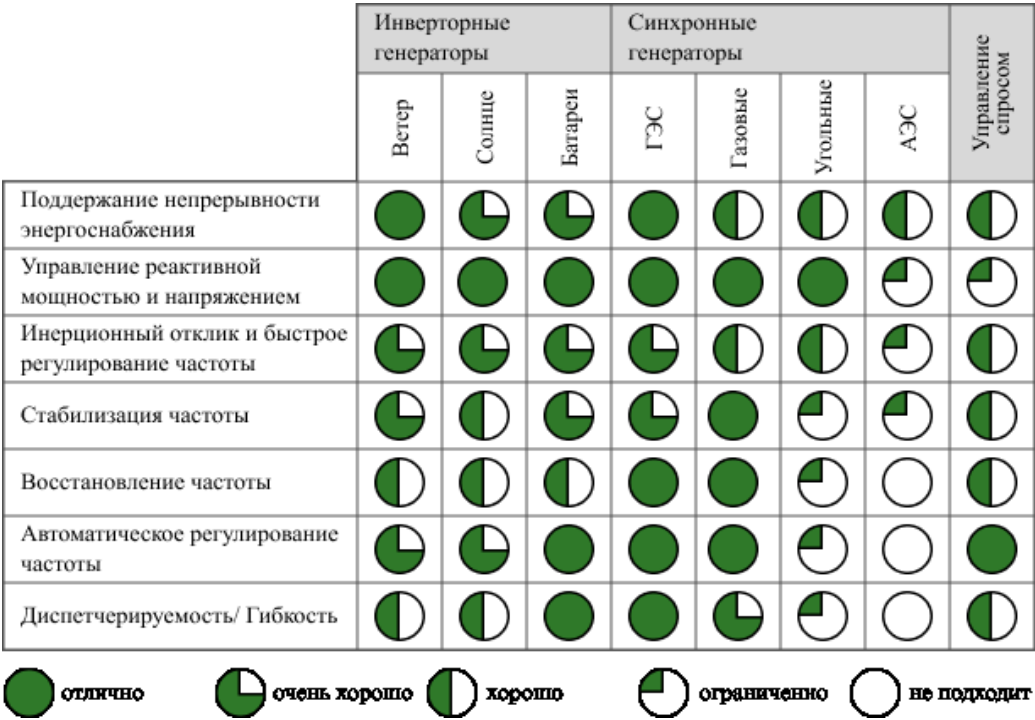


Рис. 3. Системные услуги для участников энергетического рынка
Fig. 3. System services for energy market participants

С 2019 г. в Мурманской области для развития инструмента управления спросом потребления электроэнергии внедряется проект, задачей которого является отработка методик и алгоритмов управления спросом промышленных потребителей электроэнергии. Успешным примером является практика управления спросом на Ковдорском горно-обогатительном комбинате, где мощность снижалась на 8 МВт в течение 2 часов в период с февраля по апрель 2022 г. Еще одним примером является заключение свободного договора купли-продажи электроэнергии, вырабатываемой гидроэлектростанциями между ПАО «ТГК-1» и горно-обогатительным комбинатом АО «Апатит». Горно-обогатительные предприятия могут эффективно регулировать электропотребление, изменяя технологические параметры, влияющие на расход электроэнергии [8].

Заключение

Распределенная энергетика является ключевым направлением в энергетическом переходе, обеспечивает гибкое построение и интеллектуальное управление энергетических сетей. Мурманская область обладает значительным потенциалом распределенной энергетики, в частности возобновляемыми источниками энергии.

Распределенная генерация может обеспечить надежное и качественное электроснабжение в области. Перспектива ее развития будет наиболее заметна в отдаленных районах, где невозможно использовать централизованное электроснабжение. Управление спросом розничных потребителей

электроэнергии играет важную роль в обеспечении гибкости электроэнергетической системы, подходит для оказания широкого спектра услуг по регулированию и восстановлению частоты и обеспечения системной гибкости энергосистемы.

Управление спросом можно рассматривать как дополнение к распределенной генерации. Объединение этих двух подходов является эффективным инструментом для повышения эффективности и надежности электроэнергетических систем. Это оптимизирует использование ресурсов, снижает затраты, повышает надежность и делает энергетическую систему более устойчивой.

Список источников

1. Кузнецов Н. М., Коновалова О. Е. Развитие распределенной энергетики в Мурманской области // *Фундаментальные исследования*. 2021. № 5. С. 122–127. doi:10.17513/fr.43049. EDN: YCTFGP.
2. Veldhuis A. J., Leach M., Yang A. The impact of increased decentralised generation on the reliability of an existing electricity network // *Applied Energy*. 2018. Vol. 215. P. 479–502. doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.02.009.
3. Milligan M. Sources of grid reliability services // *The Electricity Journal*. 2018. Vol. 31, Is. 9. P. 1–7. doi.org/10.1016/j.tej.2018.10.002.
4. Минин В. А., Лазарева М. А. Кольская энергосистема: этапы становления, современное состояние и перспективы развития // *Электрические станции*. 2023. № 11 (1108). С. 22–28. doi:10.34831/EP.2023.1108.11.003. EDN: LZGSMO.
5. Кузнецов Н. М., Маслобоев В. А., Коновалова О. Е. Распределенная энергетика регионов Арктической зоны Российской Федерации // *Арктика 2035: актуальные вопросы, проблемы, решения*. 2021. № 1 (5). С. 11–21. doi:10.51823/74670_2021_1_11. EDN: OCHFWR.
6. Ханаев В. В. Управление спросом на электроэнергию как дополнение к распределенной генерации // *Энергетическая политика*. 2020. № 4 (146). С. 38–51. doi:10.46920/2409-5516_2020_4146_38. EDN: UPJDGJ.
7. Воропай Н. И., Стенников В. А. Централизованная и распределенная генерация — не альтернатива, а интеграция // *Инновационная электроэнергетика* — 21. М.: ИЦ «Энергия», 2017. С. 272–290.
8. Лазарев Н. И., Кузнецов Н. М. Внедрение технологии управления спросом в Мурманской области // *Наука и инновации в Арктике: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Мурманск: Изд-во МАУ, 2024. С. 273–275.

References

1. Kuznetsov N. M., Konovalova O. E. Razvitie raspredelyonnoy energetiki v Murmanskoy oblasti [Development of distributed energy sector in the Murmansk region]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research], 2021, No. 5, pp. 122–127. (In Russ.). doi:10.17513/fr.43049. EDN: YCTFGP.
2. Veldhuis A. J., Leach M., Yang A. The impact of increased decentralised generation on the reliability of an existing electricity network. *Applied Energy*, 2018, Vol. 215, pp. 479–502. doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.02.009.
3. Milligan M. Sources of grid reliability services. *The Electricity Journal*, 2018, Vol. 31, Is. 9, pp. 1–7. doi.org/10.1016/j.tej.2018.10.002.
4. Minin V. A., Lazareva M. A. Kol'skaya energosistema: etapy stanovleniya, sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya [Kola energy system: stages of formation, current state and prospects of development]. *Elektricheskie stantsii* [Power Plants], 2023, No. 11 (1108), pp. 22–28. (In Russ.). doi:10.34831/EP.2023.1108.11.003. EDN: LZGSMO.
5. Kuznetsov N. M., Masloboev V. A., Konovalova O. E. Raspredelyonnaya energetika regionov Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii [Distributed energy sector of the regions of the Arctic zone of the Russian Federation]. *Arktika 2035: aktual'nye voprosy, problemy, resheniya* [Arctic 2035: Current Issues, Problems, Solutions], 2021, No. 1 (5), pp. 11–21. (In Russ.). doi:10.51823/74670_2021_1_11. EDN: OCHFWR.

6. Khanaev V. V. Upravlenie sprosom na elektroenergiyu kak dopolnenie k raspredelyonnoy generatsii [Electricity demand management as an addition to distributed generation]. *Energeticheskaya politika* [Energy Policy], 2020, No. 4 (146), pp. 38–51. (In Russ.). doi:10.46920/2409-5516_2020_4146_38. EDN: UPJDGJ.
7. Voropay N. I., Stennikov V. A. Tsentralizovannaya i raspredelyonnaya generatsiya — ne al'ternativa, a integratsiya [Centralized and distributed generation — not an alternative, but integration]. *Innovatsionnaya elektroenergetika — 21* [Innovative Power Engineering — 21]. Moscow, Publ. center “Energiya”, 2017, pp. 272–290. (In Russ.).
8. Lazarev N. I., Kuznetsov N. M. Vnedrenie tekhnologii upravleniya sprosom v Murmanskoy oblasti [Implementation of demand-side management technology in the Murmansk region]. *Nauka i innovatsii v Arktike: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Science and innovation in the Arctic: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation]. Murmansk, Publ. MAU, 2024. pp. 273–275. (In Russ.).

Информация об авторе

Н. И. Лазарев — инженер.

Information about the author

N. I. Lazarev — Engineer.

Статья поступила в редакцию 13.05.2024; одобрена после рецензирования 27.05.2024; принята к публикации 31.05.2024.
The article was submitted 13.05.2024; approved after reviewing 27.05.2024; accepted for publication 31.05.2024.