

Научная статья
УДК 621.311
EDN CHWJKN

Оценка влияния накопителей электрической энергии на функционирование электрических сетей

Наталья Викторовна Савина¹, доктор технических наук, профессор
Диана Дмитриевна Жарикова², студент магистратуры

^{1,2} Амурский государственный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ nataly-savina@mail.ru, ² dianazhar2003@mail.ru

Аннотация. В статье на основе системного анализа выбраны области применения типов накопителей электроэнергии по их характеристикам для решения задач повышения надежности и эффективности функционирования электрических сетей. Предложены перспективные области применения накопителей электрической энергии. Обосновано, что применение накопителей позволит повысить надежность электроснабжения и энергетическую эффективность электрических сетей.

Ключевые слова: накопители, электроэнергия, надежность, электроснабжение

Для цитирования: Савина Н. В., Жарикова Д. Д. Оценка влияния накопителей электрической энергии на функционирование электрических сетей // Актуальные вопросы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 19 декабря 2024 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2025. С. 53–59.

Original article

Assessment of the impact of electric energy storage devices on the functioning of electrical networks

Natalya V. Savina¹, Doctor of Technical Sciences, Professor

Diana D. Zharikova², Master's Degree Student

^{1,2} Amur State University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

¹ nataly-savina@mail.ru, ² dianazhar2003@mail.ru

Abstract. Based on a system analysis, the article selects the areas of application of types of electric power storage devices based on their characteristics to solve the problems of increasing the reliability and efficiency of electrical networks. Promising areas of application of electric energy storage devices are proposed. It is proved

that the use of storage devices will improve the reliability of power supply and energy efficiency of electric networks.

Keywords: storage, electric power, reliability, power supply

For citation: Savina N. V., Zharikova D. D. Assessment of the impact of electric energy storage devices on the functioning of electrical networks. Proceedings from Current issues of energy in the agro-industrial complex: Vserossiiskaya (natsional'naya) nauchno-prakticheskaya konferentsiya. (PP. 53–59), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2025 (in Russ.).

В связи с переходом России на интеллектуальную электроэнергетическую систему с активно-адаптивной сетью, роль накопителей электроэнергии значительно возрастает [1]. Кроме того, в настоящее время в области энергетики получает все большее распространение использование возобновляемых источников энергии, отличающихся непостоянным режимом генерации, обусловленным метеорологическими условиями.

Целью работы является системный анализ способов повышения надежности и эффективности функционирования электрических сетей путем выбора типов накопителей, адекватных задачам технологического управления ими. Для достижения поставленной цели были рассмотрены следующие задачи: 1) анализ типов и характеристик накопителей электрической энергии и выбор оптимальных областей применения; 2) выравнивание суточных графиков нагрузки; 3) повышение надежности электроснабжения потребителей.

Аккумуляция электрической энергии может осуществляться различными способами. Сегодня к самым распространенным и широко используемым средствам относятся суперконденсатор, ионистор, химические преобразователи, накопители заряда активных частиц, электромобили.

Промышленностью выпускаются маховики, суперконденсаторы, сверхпроводниковые индуктивные накопители (СПИНЭ) и аккумуляторные батареи большой мощности (АББМ) или энергоемкости (АББЭ).

Накопители энергии делятся на электростатические, электромеханические, механические и гравитационные [2].

К основным характеристикам накопителей электроэнергии относятся: мощность, энергоемкость, время отклика, время разряда, плотность мощности. В таблице 1 приведен сравнительный анализ накопителей электроэнергии по наиболее важным показателям.

Таблица 1 – Сравнение накопителей по времени разряда и мощности

Тип накопителя электроэнергии	Время разряда	Мощность
Суперконденсаторы	секунды	до 100 кВт
Сверхпроводниковые индуктивные накопители	секунды	до 300 кВт
Гидроаккумулирующие электростанции	часы	более 1 ГВт
Роторные (маховиковые) накопители	минуты	до 20 МВт
Системы накопления энергии на сжатом воздухе	часы	до 300 МВт
Электрохимические аккумуляторы	часы	до 50 МВт
Проточные электрохимические аккумуляторы	часы	до 50 МВт

Проведенный анализ показал, что лучшим способом накопления электроэнергии является гидроаккумулирующая электростанция (ГАЭС). Она состоит из верхнего и нижнего бассейнов, системы соединяющих их водоводов, здания электростанции и распределительного устройства [3]. В рамках концепции интеллектуальных сетей роль таких электростанций существенно возрастает, но их область применения ограничена из-за недостаточного количества площадок с благоприятными топографическими условиями.

При усложнении структуры электроэнергетической системы, увеличении доли распределенной генерации традиционным способом обеспечить требуемые эффективность и надежность системы невозможно, но применение накопителей позволит решить эту проблему.

Распределение типов накопителей электроэнергии по решаемым задачам управления электроэнергетической системы представлено в таблице 2.

Как показал анализ, в настоящее время наиболее актуальны задачи выравнивания суточных графиков нагрузки и повышения надежности электроснабжения потребителей.

Таблица 2 – Области применения накопителей электроэнергии

Область применения	Тип накопителя электроэнергии
Первичное и вторичное регулирование частоты	аккумуляторные батареи, суперконденсаторы, СПИНЭ
Компенсация нерегулярных колебаний активной мощности	роторные накопители, аккумуляторные батареи, СПИНЭ
Предотвращение снижения напряжения и лавины напряжения	суперконденсаторы, аккумуляторные батареи, ГАЭС, системы накопления энергии (СНЭ) на сжатом воздухе
Повышение надежности электроснабжения потребителей	суперконденсаторы, аккумуляторные батареи, СПИНЭ
Выравнивание суточных графиков нагрузки	ГАЭС, СНЭ на сжатом воздухе
Интеграция в энергосистему возобновляемых источников энергии	ГАЭС, СНЭ на сжатом воздухе
Использование накопителей в устройствах автоматического ввода резерва	суперконденсаторы, аккумуляторные батареи, СПИНЭ, роторные накопители

Потребление электрической энергии в разное время суток происходит неравномерно. Накапливая электроэнергию в период ночного минимума, когда ее стоимость минимальна и выдавая ее в периоды максимумов, накопитель способствует сглаживанию суточного графика нагрузки, что, в свою очередь, позволяет уменьшить располагаемую мощность и снизить перетоки мощности по линиям передающей сети в периоды максимумов [4].

Выравнивание суточных графиков нагрузки дает следующие результаты: снижение средних цен на электроэнергию, улучшение баланса генерирующих мощностей, сокращение капитальных затрат энергокомпании, снижение потребности в пиковой мощности энергосистемы (рис. 1).

Потребители электроэнергии могут быть отнесены к электроприемникам особой группы с точки зрения надежности. Для таких потребителей должна быть предусмотрена система автономного электроснабжения, которая обычно представляет собой дизель-генераторные установки. При запуске автономного источника выбег двигателей настолько велик, что это может привести к недопустимым пусковым токам в случае самозапуска асинхронных двигателей или выходу из синхронизма синхронных двигателей. Подключение накопителя,

который используется в качестве автономного источника со временем отклика 10–20 мс, сводит к минимуму эти отрицательные явления.



Накопители электроэнергии целесообразно применять совместно с объектами распределенной генерации в децентрализованных системах электроснабжения для повышения надежности. Так, применение накопителей энергии совместно с дизель-генераторными установками позволяет обеспечить бесперебойное электроснабжение потребителей при их пусках и остановах. Также накопители могут использоваться в качестве резерва мощности. Если в систему электроснабжения внедрить накопители электрической энергии, это позволит обеспечить питание потребителей до момента включения аварийного генератора, что повысит надежность электроснабжения [5].

Накопители, обладающие быстродействием, могут быть использованы в качестве устройств автоматического ввода резерва, что позволяет восстанавливать подачу электроэнергии после перерыва в течение 10–20 мс и осуществлять питание по секционированной схеме как асинхронной, так и синхронной нагрузки.

Устройства накопления могут применяться для поддержания уровня напряжения, что позволяет предотвратить отключение потребителей в случае снижения напряжения.

Рынок систем накопления энергии в будущем будет значительно больше, чем в настоящее время. Его рост стимулирован расширением использования источников возобновляемой энергии и трансформацией энергетического сектора, включающей в себя новые виды потребителей. При дальнейшем снижении цены и усовершенствовании технологий систем накопления энергии, их область применения расширится, а положительное влияние на надежность и энергоэффективность возрастет.

Заключение. *Существует необходимость в совершенствовании рынка накопителей энергии, так как он играет важную роль в энергетической трансформации, которая приобретает популярность не только за рубежом, но и в России. Применение накопителей в электрических сетях, в системах электроснабжения потребителей обеспечит повышение управляемости, энергоэффективности, надежности, устойчивости и экономичности функционирования электроэнергетических систем.*

Список источников

1. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 г. : распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 № 1523-р // Гарант. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74148810/> (дата обращения: 11.12.2024).
2. Дзедик В., Усачева И., Моткова А. Анализ эффективности применения накопителей энергии в различных типах электроэнергетических систем // Энергетическая политика. 2023. № 3 (181). С. 62–69.
3. Бухгольц Б. М., Стычински З. А. Smart Grid – основы и технологии энергосистем будущего. М. : Московский энергетический институт, 2017. 459 с.
4. Савина Н. В., Лисогурская Л. Н., Лисогурский И. А. Накопители электрической энергии как средство повышения надежности и экономичности функционирования электрической сети // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 2–1 (92). С. 63–70.

5. Абрамов А. Ю., Богаченко П. В., Куликов А. В., Ряпин И. Ю. Применение систем накопления энергии в России: возможности и барьеры : экспертно-аналитический отчет // Энергетика.ру. URL: <https://www.eprussia.ru/lib/341/6262750/> (дата обращения: 11.12.2024).

References

1. Energy Strategy of the Russian Federation for the period up to 2035: Decree of the Government of the Russian Federation dated 09/06/2020 No. 1523-r. *Garant.ru* Retrieved from <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74148810/> (Accessed 11 December 2024) (in Russ.).

2. Dzedik V., Usacheva I., Motkova A. Analysis of the effectiveness of energy storage in various types of electric power systems. *Energeticheskaya politika*, 2023;3(181):62–69. (in Russ.).

3. Bukhgoalts B. M., Stychinski Z. A. *Smart Grid – fundamentals and technologies of the power systems of the future*, Moscow, Moskovskii ehnergeticheskii institut, 2017, 459 p. (in Russ.).

4. Savina N. V., Lisogurskaya L. N., Lisogurskiy I. A. Electric energy storage as a means of improving the reliability and efficiency of the functioning of the electric network. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, 2020;2–1(92):63–70. (in Russ.).

5. Abramov A. Yu., Bogachenko P. V., Kulikov A. V., Ryapin I. Yu. Application of energy storage systems in Russia: opportunities and barriers: expert and analytical report. *Eprussia.ru* Retrieved from <https://www.eprussia.ru/lib/341/6262750/> (Accessed 11 December 2024) (in Russ.).

© Савина Н. В., Жарикова Д. Д., 2025

Статья поступила в редакцию 14.12.2024; одобрена после рецензирования 24.12.2024; принята к публикации 30.01.2025.

The article was submitted 14.12.2024; approved after reviewing 24.12.2024; accepted for publication 30.01.2025.