

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ БЕЛОРУССКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ**

Кашин М. А. – ведущий инженер ОПЭС,  
Астровский А. Г. – инженер ОПЭС,  
РУП «Белэнергосетьпроект»,  
г. Минск, Республика Беларусь

**Аннотация:** ввод в эксплуатацию второго энергоблока Белорусской АЭС в 2023 г. повысил необходимость обеспечения режимной надежности как Белорусской энергосистемы в целом, так и отдельных ее энергоузлов. Одной из основных задач в связи с этим является выравнивание суточных графиков потребления электроэнергии. Одним из путей достижения данной цели в Белорусской энергосистеме является применение систем накопления электроэнергии (СНЭЭ) как системного, так и локального характера.

В статье приводится оценка эффективности установки литий-ионных накопителей электроэнергии с учетом сглаживания суточного графика нагрузки потребителей, отсрочки инвестиций в электросетевое строительство и повышения надежности электроснабжения потребителей.

**Ключевые слова:** энергосистема, атомная энергетика, система накопления энергии, суточный график нагрузки.

## **USING ELECTRIC POWER STORAGE DEVICES ENERGY TO IMPROVE THE RELIABILITY OF POWER SUPPLY TO CONSUMERS THE BELARUSIAN ENERGY SYSTEM**

**Abstract:** the commissioning of the Belorussian nuclear power plant second unit in 2023 exacerbated the need to ensure reliability of both the entire Belarussian power system and its individual power generation centers. To address this issue effectively, it is crucial to flatten the load curves of electricity consumers, and energy storage systems (ESS) make this achievable.

This paper assesses the efficiency of lithium-ion energy storage units. The assessment focuses on various factors such as leveling of the daily load curve of the consumer, deferment of investments in power grid construction, increasing reliability of the consumer's electric supply.

**Keywords:** power system, nuclear power, energy storage system, daily load profile.

В Белорусской энергосистеме потребление мощности и электроэнергии в течение суток носит неравномерный характер, что формирует суточ-

ные графики нагрузки с выраженными дневными пиками потребления и ночными провалами мощности. Мощность генерации Белорусской АЭС с учетом ввода второго энергоблока в эксплуатацию позволит «заполнить» базовую часть суточного графика нагрузки энергосистемы на величину порядка 40 % от максимума нагрузки энергосистемы.

В энергосистемах различных стран мира все более актуальным становится применение СНЭЭ с целью разделения во времени процессов генерации и потребления мощности, что позволяет выровнять суточный график нагрузки [1].

Технологии накопления энергии разделяют с учетом вида сохраняемой энергии на [2]:

- механические (гидроаккумулирующие системы, маховики);
- электрические (конденсаторы, суперконденсаторы);
- электрохимические (аккумуляторные батареи, проточные батареи);
- химические (топливные элементы);
- накопители тепловой энергии (использование расплавленных солей и горячей воды).

Благодаря лучшим характеристикам по сравнению с другими АБ, в настоящий момент среди электрохимических технологий накопления электроэнергии наиболее массово применяются СНЭЭ на основе **литий-ионных аккумуляторных батарей (АБ)**. Литий-ионные АБ имеют более длительный срок службы, высокое напряжение элемента, хорошие характеристики при низких температурах, высокую степень удержания заряда [3].

В 2022–2023 гг. специалистами РУП «Белэнергосетьпроект» в рамках проектов и научно-исследовательских работ проведен анализ возможности применения СНЭЭ на основе литий-ионных АБ в Белорусской энергосистеме.

В 2022 г. выполнена научно-исследовательская работа по оценке технической возможности и обоснованию эффективности установки СНЭЭ на основе литий-ионных АБ с целью сглаживания суточного графика нагрузки, снижения потерь электроэнергии и регулирования напряжения в точке установки СНЭЭ.

Рассматривались варианты обеспечения возможности электроснабжения потребителей при увеличении электрической нагрузки подстанции путем:

- увеличения трансформаторной мощности подстанции с сопутствующей реконструкцией;
- сглаживания суточных пиков нагрузки с помощью СНЭЭ и сохранения в работе существующих трансформаторов без перегрузок.

В качестве исследуемой выбрана одна из подстанций напряжением 110/10 кВ Белорусской энергосистемы. Результаты расчетов сравнительных затрат по вариантам модернизации показали, что капиталовложения в установку СНЭЭ превышают стоимость замены трансформаторов в 12 раз [1].

В 2023 г. РУП «Белэнергосетьпроект» выполнена работа «Реконструкция сетей электроснабжения в д. Будревичи Вороновского района».

Целью исследования было обеспечение возможности применения всеми бытовыми абонентами сети 0,4 кВ сельского населенного пункта электроэнергии для нужд отопления, горячего водоснабжения и пищевого приготовления. Разработаны варианты модернизации схемы электроснабжения населенного пункта:

- вариант 1 – увеличение пропускной способности сети 0,4 кВ с заменой провода, строительством новой ВЛ 0,4 кВ;

- вариант 2 – установка СНЭЭ на основе литий-ионных АБ.

Использование СНЭЭ в работе рассмотрено для:

- сглаживания суточных графиков нагрузки;
- обеспечения кратковременного либо суточного резервирования полной нагрузки д. Будревичи в различные периоды года при исчезновении питания со стороны энергосистемы.

Капиталовложения по варианту схемы электроснабжения с установкой СНЭЭ более чем в 16 раз превышает стоимость традиционного электросетевого строительства.

**Выводы.** Затраты на использование СНЭЭ на базе литий-ионных АБ в электрических сетях 0,4–110 кВ Белорусской энергосистемы в настоящее время значительно превышают стоимость реконструкции электросетевых объектов. Одним из условий экономической целесообразности использования СНЭЭ для решения электросетевых задач является снижение их стоимости ниже 200 долл. США/кВт·ч.

В то же время СНЭЭ могут выступать в качестве мобильных и высокоманевренных источников резервного питания при наличии особых условий электроснабжения потребителей (удаленность от источников питания, повышенные требования к надежности электроснабжения, наличие требований к качеству электроэнергии и пр.) [1].

#### Список литературы

1. Кашин, М. А. Использование накопителей электрической энергии для повышения управляемости и режимной надежности Белорусской энергосистемы / М. А. Кашин, Н. Л. Новиков, А. Н. Новиков // Сборник: Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Вып. 74. Надежность систем энергетики в условиях современных вызовов и угроз / ИСЭМ СО РАН ; отв. ред. академик РАН В. А. Стенников. – Иркутск, 2023. – Вып. 74. – С. 377–387.

2. Review of Energy Storage System for Microgrid. G. V. Brahmendra Kumar and K. Palanisamy, 2021.

3. Бушуев, В. В. Инфраструктурные накопители в электроэнергетике. / В. В. Бушуев, Н. Л. Новиков // Энергетическая политика. – 2020. – № 10. – С. 74–89.