

УДК 621.3

**ВАРИАНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ
АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ СПРОСА НА
ЭНЕРГИЮ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ ЦЕЛЕВЫХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТОПЛИВНО
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ**

**OPTIONS FOR USING LITHIUM-ION BATTERIES TO REDUCE ENERGY
DEMAND TO ACHIEVE NATIONAL FUEL CONSUMPTION
REDUCTION TARGETS**

М.С. Войлоков, П.А. Брилёв

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

M. Voylokov, P.Brilev

Supervisor – T. Petrovskaya, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** «Литий-ионные аккумуляторы произвели революцию в нашей жизни с тех пор, заложив основы новой энергетики» – Нобелевский комитет Королевской шведской академии наук.*

***Abstract:** “Lithium-ion batteries have revolutionized our lives, laying the foundations for a new energy industry” - Nobel Committee of the Royal Swedish Academy of Sciences.*

***Ключевые слова:** Литий-ионные аккумуляторы, системы накопления энергии, системы оперативного постоянного тока, электроэнергия.*

***Key words:** Lithium-ion batteries, energy storage systems, operational direct current systems, electricity.*

Введение

В последние годы в глобальных международных исследованиях производятся различные исследования по созданию современных систем по накоплению электроэнергии. Это обусловлено тем что электроэнергия является продуктом, имеющим большую стоимость и большие объёмы производства, при этом не имея простых методов её накопления. Создание систем накопления электроэнергии может помочь энергосистеме в преодолении пиковых дневных и вечерних нагрузок, за счет накопленной электроэнергии в ночные часы просадки потребления электричества системой потребителей. Главным преимуществом применения систем накопления электроэнергии (СНЭЭ) по сравнению с накопителями сжатого воздуха, маховиковыми накопителями электроэнергии или гидроаккумулирующими электростанциями является возможность их строительства в любом регионе, вне зависимости от местного ландшафта и климатических условий.

Основная часть

На данный момент существуют различные методы накопления электроэнергии:

– Накопление энергии сжатого воздуха (CAES) действует с помощью

электрического компрессора, который нагнетает воздух под высоким давлением в подземные полости естественного происхождения или в специальные резервуары. В часы максимального потребления электроэнергии накопленный сжатый воздух используется для работы турбогенератора. Технологии CAES могут использоваться для хранения большого количества электроэнергии, подобно гидроаккумулирующим электростанциям, путем нагнетания воздуха в естественные хранилища. Для местного использования воздух закачивается в искусственные резервуары.

- Накопление электроэнергии в виде кинетической энергии осуществляется с помощью маховика. Современные конструкции маховикового накопителя энергии (FES) может включать в себя компоненты маховика, подшипники, электродвигатель / генератор и вакуумную емкость. Накопление и выделение электричества происходит в результате ускорения или замедления маховика. Количество накопленной электроэнергии в маховике зависит от его скорости вращения. Современные маховиковые накопители выдерживают более 100 циклов разгона и торможения.
- Гидроаккумулирующие электростанции - это гравитационные системы хранения электроэнергии. В часы ночного минимума потребления электроэнергии насосы станции используют дешевую электроэнергию для перекачки воды в верхний резервуар для воды. В периоды максимального потребления электроэнергии днём и вечером вода под действием силы тяжести сбрасывается на турбину, и электростанция вырабатывает недостающее электричество.
- Электрические аккумуляторные системы имеют преимущество над выше описанными системами в том, что они состоят из аккумуляторов и они не имеют ограничений по своему расположению и требуют специалистов более низкого уровня для поддержания их работы.

Системы накопления электроэнергии применяются в энергетической системе –распределительных и магистральных сетях, электрических станциях и подстанциях, центры обработки данных, нефтегазовом секторе, на промышленных предприятиях и других объектах, для обеспечения баланса выработки и потребления электроэнергии и повышения энергоэффективности.

СНЭЭ могут быть предназначены для различных целей в энергетическом секторе:

- Энергоменджмента: компенсации резкопеременной нагрузки, сглаживания пиков потребления, оптимизации профиля нагрузки;
- Обеспечения надежного электроснабжения и резервного питания;
- Обеспечения резервного питания систем оперативного постоянного тока;
- Интеграции с электрической зарядной станцией;
- Интеграции объектов ВИЭ в энергосистему;
- Компенсации дефицита мощности;

- Организации гибридных микрогридов;
- Обеспечения качества электроэнергии;
- Организации автономных гибридных энергокомплексов.

Таблица 1 – Основные характеристики и виды аккумуляторных батарей

Параметры	Литий-ионные	Гелевые	Щелочные	Свинцово-кислотные
Время зарядки, ч	1-2	4-10	8-10	8-10
Гарантия, лет	3	1	1	1
Срок службы до потери 20% емкости, лет	20	8	3	4
Ресурс циклов заряда/разряда	До 5000	1500	1500	1500

Важным преимуществом ЛИАБ над свинцово-кислотными аккумуляторами является отдача максимальной мощности при малом времени резервирования и большой импульсной нагрузки. Эти параметры легко сравнивать у разных поколений аккумуляторов в таблице 2.

Таблица 2 – Основные характеристики литий-ионные системы накопления

Параметры	VDA-NMC	GEN4-NMC	LFP	СКА
Масса, кг: 300 кВт на 10 минут автономии	850	1100	1800	4500
Занимаемая площадь, м ²	0,6	0,75	1,2	1,8
Удельная энергоемкость Вт*ч/кг	250	185	140	40
Допустимый DoD	90%	80%	80%	60%

Где DoD (depth of discharge) – глубина разряда, NMC – никель-марганец-кобальт, LFP – литий-железо-фосфат, СКА – свинцово-кислотный аккумулятор

Литий-ионные системы накопления электроэнергии для управления режимами энергосистем применяются в большинстве своем в западных странах в крупных городских агломерациях (Лос-Анджелес 61 станция, Нью-Йорк 26, Сеул 22 и т.д.). Наиболее распространенными функцией распространённых СНЭ в городских агломерациях является сдвиг по времени энергопотребления, а также снижение платы за электроэнергию. Наиболее распространенная мощность СНЭ – до 800 кВт, наиболее распространенные диапазоны энергоемкости объектов до 400 кВт*ч и от 500 до 600 кВт*ч.

СНЭ в РБ могут применяться в двух возможных сценариях использования. В первом сценарии они должны будут применяться для покрытия пиковых нагрузок в дневные пики. Во втором случае они могут применяться для регулирования частоты в сети на протяжении всего дня. Оба варианта использования СНЭ на данный момент экономически целесообразны и могут быть построены в настоящее время без необходимости в модернизации текущих электрических систем. Главным преимуществом использования СНЭ является

скорость их работы с введением в систему. Единственным минусом для реализации СНЭ для нормированного первичного регулирования частоты является снижение текущей стоимости СНЭ на 63%. В текущий момент наблюдается общая тенденция по снижению стоимости СНЭ ежегодно в 15% от цены прошлого года, что означает о достижении необходимой цены через 5 лет.

Кроме возможностей по ежедневному регулированию электрических систем, ЛИАБ можно использовать в системах оперативного постоянного тока. СОПТ применяются в энергосистеме для пуска станций. На данный момент в РБ по законодательству СОПТ обязаны иметь аккумуляторы на свинцово-щелочной основе. Заменяв их на современные ЛИАБ, мы сможем решить сразу несколько проблем, возникающих при обслуживании СКА:

- Отсутствует необходимость наличия специалиста, имеющего разрешение на работу с кислотами. Удаление возможностей протечек кислоты на предприятии.
- Уменьшение общего веса и размеров системы без замены силовых агрегатов.
- Снижение потерь электроэнергии при разряде/заряде на 60%.
- Исключение возможности накопления взрывоопасного водорода в помещении.

Как пример успешного проекта по эксплуатации ЛИАБ в составе СОПТ можно привести реконструкцию на ПС 220 кВ ГПП-2 АО «УЭХК» с заменой СКАБ на установку ЛИАБ. По итогам 10 лет использования было доказано что емкость ЛИАБ в 2 раза меньше по сравнению с СКАБ. Что доказало их эффективность и экономичность на дистанции, благодаря чему «РОСАТОМ» планирует распространить эти результаты на все свои энергообъекты.

Заключение

На сегодняшний день ЛИАБ имеют широкое распространение в мире. Они используются как в гражданском транспорте, так и на крупных промышленных объектах. Однако переход на них в данный момент осложняется действующими нормами законодательства РБ, которое во многих местах не допускает использование СКАБ.

Литература

1. Renera [Электронный ресурс]/ Системы оперативного постоянного тока–Режим доступа: <https://renera.ru/products/sistemy-operativnogo-postoyannogo-toka-sopt-na-lituy-ionnykh-akkumulyatorakh/> – Дата доступа: 19.10.2022.
2. ESFC [Электронный ресурс]/ Технологии хранения электрической энергии. –Режим доступа <https://esfccompany.com/articles/tekhnologii/tekhnologii-khraneniya-elektricheskoy-energii/>– Дата доступа: 13.10.2022.
3. Brockway, P. E., Sorrell, S., Semieniuk, G., Heun, M. K. & Court, V. Energy efficiency and economy-wide rebound effects: a review of the evidence and its implications. *Renew. Sust. Energy Rev.* 141, 110781 (2021).