

*Мишустина Полина Борисовна,*

*ООО ЛИТЭКО*

**ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕВЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В  
УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ПОВЕДЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ  
И СТИМУЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ  
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

**Аннотация:** Рассмотрена проблема обеспечения устойчивости, надежности и эффективности Единой энергосистемы России в условиях развития новых моделей поведения потребителей и генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии. Рассмотрена возможность использования накопителей электрической энергии для решения этой проблемы, технологии производства и мировой опыт применения сетевых накопителей энергии.

**Ключевые слова:** Сетевые накопители энергии, модель активного потребления энергии, Единая энергетическая система России, возобновляемый источник энергии.

**Abstract:** The problem of ensuring the stability, reliability and efficiency of the Unified Energy System of Russia in the context of developing new models of consumer behavior and generating facilities operating based on renewable energy sources is considered. The possibility of using electric energy storage devices for solving this problem, production technologies and world experience of using grid-level energy storage systems is considered

**Key words:** Grid-level energy storage systems, active energy consumption model, United Energy Systems of Russia, renewable energy source.

Либерализация российского рынка электрической энергии и мощности позволила потребителям реализовывать новые модели поведения, соответствующие интенсивному инновационному развитию мировой экономики и технологий.

С 2007 года в поведении потребителей можно было наблюдать различные тенденции, определяющие развитие соответствующих услуг и технологий. Например, широкое распространение автоматизированных информационно-измерительных систем коммерческого учета электроэнергии в связи с массовым выходом потребителей на оптовый рынок электроэнергии и мощности, развитие энерготрейдинга и управление режимами работы электрприемников в связи с изменением методов ценообразования, рост количества сетевых организаций в связи с передачей объектов электросетевого хозяйства предприятий во владение этих организаций.

Эти тенденции до недавнего времени не требовали существенных структурных изменений электросетевого комплекса Единой энергетической системы России. Но, в настоящее время, выход современных технологий на качественно новый уровень и цифровизация экономики определяют формирование новой модели поведения потребителей электроэнергии – активное потребление. Эта модель характеризуется наличием у потребителей электропотребляющего оборудования, способного к изменению нагрузки, собственной генерации и накопителей энергии. Известными примерами активных потребителей и их инфраструктуры являются Умные сети (Smart Grid) и Интернет вещей (Internet of Things, IoT). Одновременно с развитием потребителей растут и их требования к качеству электроэнергии, ее доступности, и надежности энергоснабжения.

Поэтому в условиях формирования модели активного потребления для обеспечения устойчивости, надежности и эффективности Единой энергосистемы традиционные структуры электрических сетей должны обеспечивать безопасное встраивание в электросетевой комплекс новых элементов, таких как системы накопления энергии и источники распределенной генерации, в том числе на

основе возобновляемых источников энергии. Стимулирование развития генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии, также создает новые вызовы для электрических сетей.

Например, на сегодня объединенная энергосистема Украины без риска разбалансировки и серьезных изменений в своей структуре может дополнительно принять максимум 3 ГВт новых мощностей солнечных и ветряных электростанций. При этом такая установленная мощность возобновляемых источников энергии может быть введена в эксплуатацию уже в декабре 2019 года [1].

Несмотря на то, что и активное потребление, и переход от углеводородной к возобновляемой энергетике являются неизбежными мировыми трендами с имеющейся мировой практикой, их реализация в российской электроэнергетике имеет собственную специфику, связанную с большой протяженностью обслуживаемых территорией, низкой плотностью сети населенных мест, централизацией управления, применением дальних электропередач высокого и сверхвысокого напряжения, структурой традиционных топливно-энергетических ресурсов и специфическими социально-экономическими факторами.

Поэтому в российских электрических сетях, как инфраструктуре электроэнергетики, должны быть внедрены новые сетевые технологии, системы контроля и управления, а также советующее нормативно-правовое и техническое регулирование. Например, «ПАО «Россети» в рамках программы «Цифровая экономика» развивает направление «Цифровая сеть» с целью повышения эффективности содержания инфраструктуры, управления технологическими процессами и финансово-хозяйственной деятельностью, так как используемые в настоящее время технологии 60-70-х годов не соответствуют вызовам современности» [2, с. 5].

Необходимыми технологиями, позволяющими обеспечить современные потребности потребителей, производителей и сетей являются накопители энергии. По функциональному признаку их можно разделить на три группы:

1. Накопители для управления цифровой сетью – используемые, например, в системах оперативного постоянного тока, устройствах сбора и передачи данных. Их энергоемкость варьируется в пределах 1 – 200 кВт\*ч.

2. Накопители активных потребителей – это решения для построения новых моделей поведения потребителей. Энергоемкость таких накопителей обычно не превышает 400 кВт\*ч.

3. Сетевые накопители – устройства для эффективного регулирования режимных параметров энергосистемы в современных условиях ее функционирования. Накопители этой категории имеют энергоемкость 600 кВт\*ч и более.

По технологиям, используемым в накопителях энергии, можно выделить наиболее традиционные гравитационные накопители, в том числе и в новом формате твердотельной аккумулирующей электростанции (ТАЭС), инновационные литий-ионные аккумуляторы и проточные батареи. В России крупносерийным производством литий-ионных аккумуляторов на основе наноструктурированного катодного материала литий-железо-фосфата (LiFePO<sub>4</sub>, LFP), а также разработкой и производством систем хранения энергии на основе этих аккумуляторов занимается завод «Лиотех». Литий-железо-фосфатная технология позволяет производить безопасные, необслуживаемые аккумуляторы с большим ресурсом эксплуатации (3000 циклов при номинальной глубине разряда), широким диапазоном рабочих температур (-40...+50°C в режиме разряда) и стабильным уровнем выходного напряжения. Основные технические характеристики литий-ионных LFP аккумуляторов производства «Лиотех» приведены в Таблице 1.

Таблица 1. Основные характеристики литий-ионных LFP аккумуляторов производства «Лиотех»

№п/п	Параметр	Значение
1	Емкости аккумуляторов, Ач	150/170/190/240/270
2	Номинальное напряжение, В	3,2
3	Максимальный ток продолжительный заряда	1С
4	Максимальный продолжительный ток разряда	3С
5	Ресурс, циклов заряда/разряда (при номинальной глубине разряда)	3000
6	Температурный диапазон (в режиме разряда)	-40...+50°C

Сравнительные разрядные характеристики литий-ионных LFP аккумуляторов производства «Лиотех» (модель LT-LFP 270P) и свинцово-кислотных аккумуляторов (модель 5PzS-60), показывающие сохранение выходного напряжения литий-ионных LFP аккумуляторов на номинальном уровне при глубине разряда до 80%, приведены на Рис. 1.

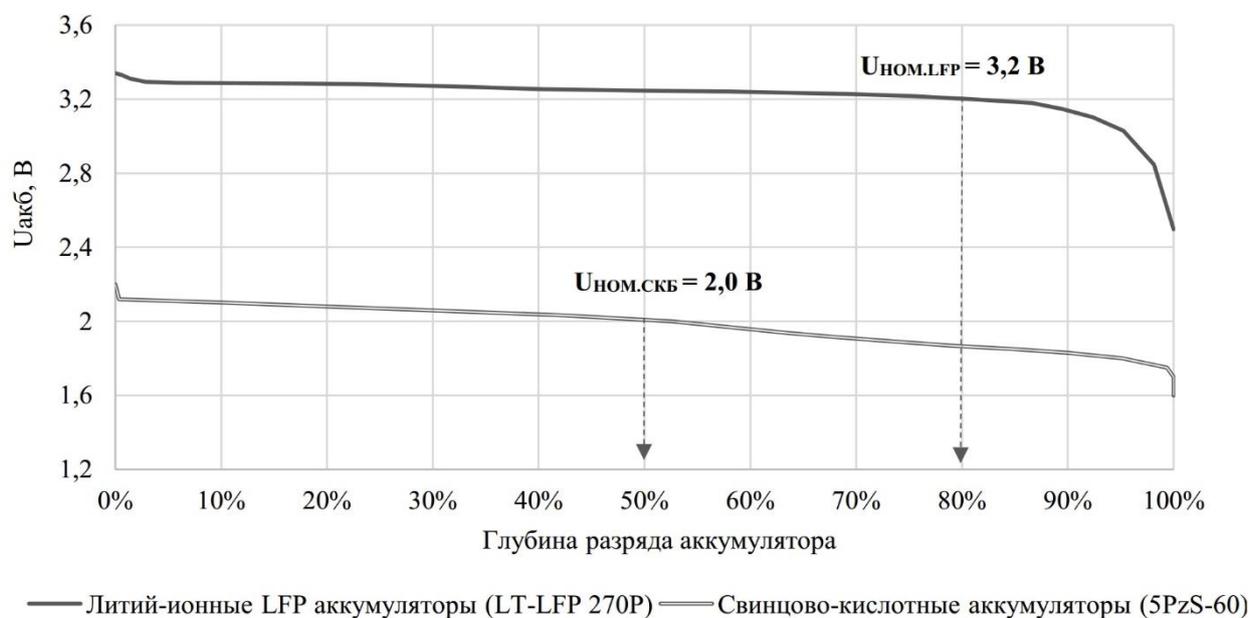


Рис. 1. Сравнительные разрядные характеристики аккумуляторов

Мировой опыт использования литий-ионных сетевых накопителей электроэнергии в настоящее время характеризуется использованием данных решений для аварийного резервирования, регулирования частоты (Renewable Energy Systems Americas Inc., США) и интеграцией накопителей с возобновляемыми источниками электроэнергии (ENEL Distribuzione S.p.A., Италия; Red Eléctrica de España, Испания). Европейский опыт, как и российский,

идет по пути применения многофункциональных накопителей, то есть использования одного продукта для решения нескольких задач: сглаживания пиков (peak shaving), пуска агрегатов после полного погашения электростанции (black start), демпфирования колебаний выработки возобновляемых источников электроэнергии (integration of renewables), секционирования энергосистемы при аварии (islanding), аварийного источника энергоснабжения и ценового арбитража. Многофункциональность сетевых накопителей позволяет существенно увеличить экономическую эффективность их применения. Графики использования емкости накопителей в интеграции с ветроустановками и фотоэлектрическими системами приведены на Рис. 2 и Рис. 3.

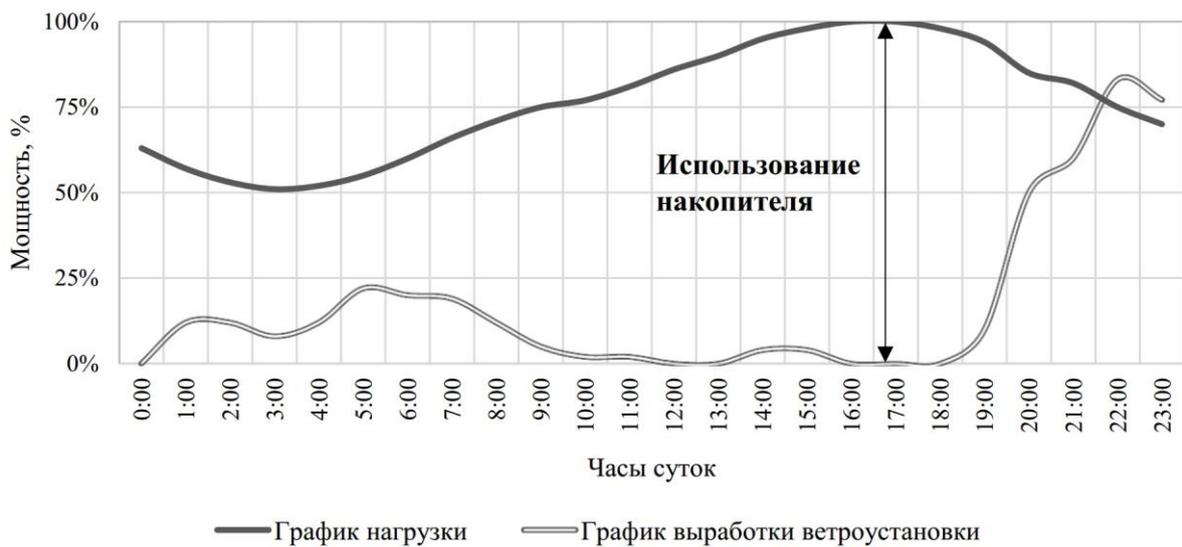


Рис. 2. Использование емкости накопителя – ветроустановки

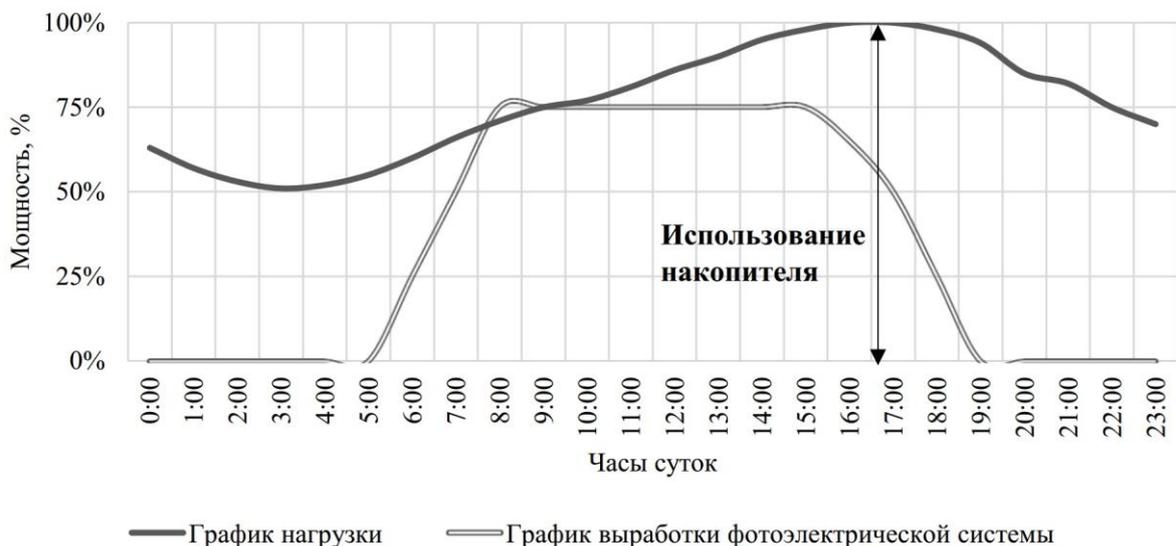


Рис. 3. Использование емкости накопителя – фотоэлектрические системы

Кроме того, в России литий-ионные сетевые накопители электроэнергии применяются в составе автономных гибридных энергоустановок (АГЭУ) и, в силу упомянутых выше особенностей российской энергосистемы, могут быть использованы в качестве эффективной альтернативы сетевому строительству для энергоснабжения энергоудаленных потребителей, что требует снятия части нормативных ограничений деятельности электросетевых компаний, которым в этом случае необходимо сочетать деятельность по передаче и распределению электроэнергии с деятельностью по ее производству.

Графики покрытия нагрузки АГЭУ, включающей в себя фотоэлектрическую систему, дизельные генераторы и блок накопителей энергии, приведены на Рис.4 и Рис.5.

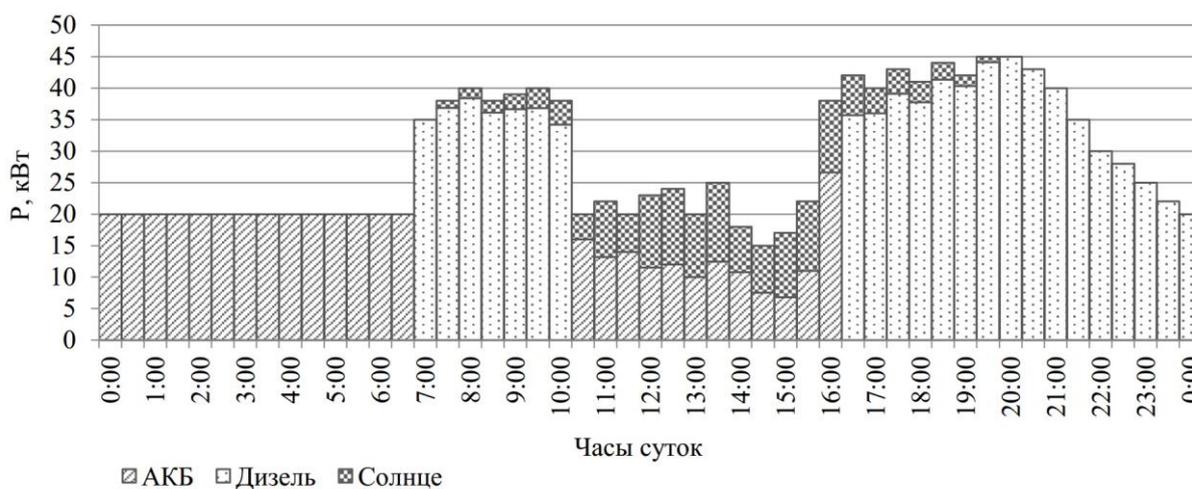


Рис. 4. АГЭУ – график покрытия нагрузки (пасмурный день)

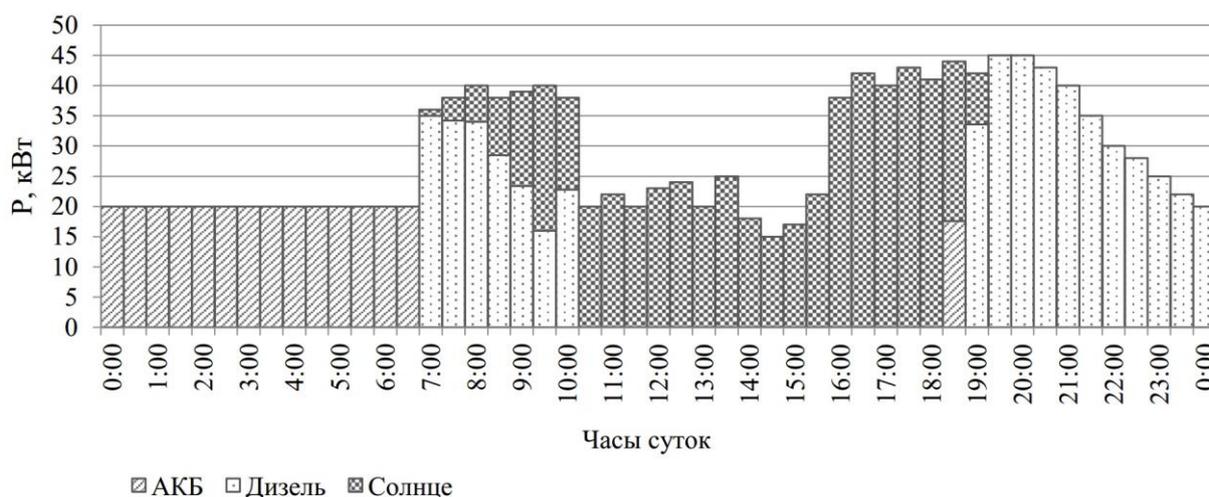


Рис. 5. АГЭУ – график покрытия нагрузки (солнечный день)

Вместе с необходимостью внедрения новых сетевых технологий, систем контроля и управления, а также нормативно-правового и технического регулирования, новые модели поведения потребителей и развитие возобновляемых источников электроэнергии создают предпосылки для формирования новых перспективных видов электросетевых услуг, которые будут востребованы как потребителями, так и производителями энергии. В этих условиях накопители энергии могут выступать и как инструменты реализации услуг, и как обслуживаемые объекты. Это определяет необходимость развития отечественных компетенций в области систем хранения электрической энергии, которая, в свою очередь, требует реализации соответствующих пилотных проектов.

### Библиографический список:

1. ОЭС Украины без риска разбалансировки может принять не более 3 ГВт мощности СЭС и ВЭС. Информационное агентство "Интерфакс-Украина" [Электронный ресурс] URL: <http://reform.energy/news/oes-ukrainy-bez-riska-razbalansirovki-mozhet-prinyat-ne-bolee-3-gvt-moshchnosti-ses-i-ves-5991> (дата обращения: 30.03.2018).
2. Деловая программа «ТЕРРИТОРИИ РОССЕТИ» в рамках Российского инвестиционного форума, 15-16 февраля 2018 г., г. Сочи.

[Электронный ресурс] URL: [http://www.rosseti.ru/press/rusinvestforum-2018/doc/08.02.2018\\_Territoriya.pdf](http://www.rosseti.ru/press/rusinvestforum-2018/doc/08.02.2018_Territoriya.pdf) (дата обращения: 30.03.2018).