

УДК 621.3

к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», e-mail: yrvaskon@mail.ru

**Величко Максим Александрович**,  
обучающийся группы ЭЭ-18-1,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», e-mail:  
maksimvelichko1998@mail.ru

**Воскобойников Федор Юрьевич**,  
обучающийся группы ЭЭ-18-1,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», e-mail:  
voskoboynikov.99@mail.ru

**Истратов Роман Сергеевич**,  
обучающийся группы ЭЭ-18-1,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», e-mail:  
cp888t138rus@gmail.com

## СОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ АККУМУЛИРУЮЩИЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ И ПРОБЛЕМЫ ИХ ВНЕДРЕНИЯ В РОССИИ

*Konovalov Y.V., Velichko M.A., Voskoboynikov F.Y., Istrarov R.S.*

### MODERN ELECTROCHEMICAL STORAGE POWER PLANTS AND THE PROBLEMS OF THEIR IMPLEMENTATION IN RUSSIA

**Аннотация.** Рассмотрены проблемы разработки новых аккумулирующих устройств на всех этапах разработки. Представлены преимущества и недостатки современных литий-ионных аккумулирующих устройств. Выведены основные проблемы развития аккумулирующей отрасли энергетики в России и направления их решения.

**Ключевые слова:** электроэнергетика, аккумулирующие устройства, электростанции, литий-ионные батареи.

**Abstract.** The problems of developing new storage devices at all stages of development are considered. The advantages and disadvantages of modern lithium-ion storage devices are presented. The main problems of the accumulation industry development in Russia and the directions of their solution are shown.

**Keywords:** electric power, storage devices, power plants, lithium-ion batteries.

В России электроэнергия производится больше чем потребляется, поэтому задача экспорта и аккумулирования энергии актуальна для России, поскольку широко известный факт, что генерируемая энергия должна быть направлена на полезную работу, так, она может принести наибольшую прибыль, что в свою очередь принесет рост экономики государства в целом.

Запасание электроэнергии без ее потерь и с возможностью продолжительного хранения это мечта, к которой сегодня стремятся многие стартапы. Однако, как показывает практика, улучшение какого-либо одного параметра, например, уменьшение размера аккумулятора, приводит к ухудшению всех остальных показателей.

На данный момент в мире доминирующим типом накопителей энергии являются свинцово-кислотные аккумуляторы,

однако это объясняется их вековой историей использования в автомобильной промышленности, где не предъявлялись высокие требования к энергоёмкости и целесообразно было использовать менее дорогие, нетребовательные к условиям эксплуатации решения. Однако литий-ионные аккумуляторы являются современным практически безальтернативным решением проблемы энергоёмкости, менее громоздкими по габаритам, с большим числом циклов разрядов [1].

К основным причинам деградации электротехнических накопителей относят снижение ёмкости накопителя и снижение накапливаемой мощности, вызванной:

- постоянным снижением ёмкости накопителей за счет диффузии и расслоением составных материалов, что приводит к увеличению внутреннего сопротивления;

- снижением емкости после каждого цикла заряда/разряда в основном за счет уменьшения активного вещества.

К недостаткам литий-ионных аккумуляторов относят огнеопасность, необходимость подогрева аккумуляторов в холодной среде, вызванной тем, что электрохимические системы теряют активное вещество при низких температурах (для литий-ионных  $-20^{\circ}\text{C}$ ). Также при их производстве происходит загрязнение атмосферы в виду особенности производства, связанной с сжиганием и захоронением зольных остатков. Повторное использование лития из разряженных батареек экономически невыгодно, поэтому идет прямая добыча из породы. Немаловажным является то, что литиевые батареи являются токсичными отходами. Все вышеперечисленное приводит к поиску альтернативных, более мощных и менее загрязняющих окружающую среду аккумуляторов энергии.

Основной проблемой в разработке новых видов аккумуляторов, отличных от распространенных литий-ионных – это недостаток финансирования. Разработка новых аккумуляторов, которые будут превосходить современные литий-ионные это крайне трудоемкое дело, которое после окончания разработки повлечет этап тестирования аккумуляторов, длящегося несколько лет. Если же данный разработанный аккумулятор проходит этап тестирования, то он попадает на этап отладки коммерческого производства и поиска мест сбыта. На данном этапе также множество перспективных разработок аккумуляторов, накапливающих энергию устройств было заброшено, ввиду дороговизны отладки конвейерного производства или же из-за отсутствия спроса на продукцию, ввиду наличия устоявшихся аналогов [2].

Перспективным направлением является создание современных электрохимических аккумуляторов, которые по принципу работы не отличаются от источников бесперебойного питания, кроме, разве что габаритов.

Запасенная химическая энергия в литий-ионных аккумуляторах может быть первоначально использована только в форме постоянного электрического тока. Поскольку большинство сетей использует переменный ток, а для передачи энергии на большие дистанции существует необходимость трансформировать напряжение в сторону увеличения, что целесообразно вы-

полнять при переменном токе. В этом случае возникает необходимость использовать мощные тиристорные инверторы для преобразования постоянного тока в переменный. Данный вид аккумулирующих электростанций имеет некоторые преимущества в сравнении с также распространенными гидроаккумулирующими электростанциями, такие как:

- относительная бесшумность, ввиду того что нет каких-либо движущихся механических деталей;
- возможность быстрого включения на полную мощность;
- уменьшение стоимости литий-ионных аккумуляторов ввиду развития автомобилестроения.

Электрохимические аккумулирующие электростанции имеют сходные недостатки с теми, что свойственны и электрохимическим накопителям энергии: снижение емкости и запасаемой мощности, при их эксплуатации, или же просто хранения. Вышеприведенные недостатки привели к созданию современных электростанций, использующих автоматический контроль за состоянием накопителя и его замену в случае его непригодности.

Аккумулирующие электростанции применяются как источники дополнительной энергии в случаях, когда максимальные нагрузки в сети превосходят генерируемую мощность в сети, они включаются в сеть и покрывают возникающие пиковые нагрузки, за счет чего многие потребители защищены от отключения электроэнергии ввиду перегрузок. Эти электростанции используют порядка 17% от общей располагаемой мощности накопителей энергии. Большая же часть применения электрохимических накопителей приходится на электрический транспорт - 30%, портативная электроника - 13%, автомобильная техника - 21%, промышленное применение - 13%, и прочее - 6%.

Доля использования электрохимических аккумуляторов в энергетике составляет порядка 20% от доли использования всех аккумуляторов.

Перспективным современным направлением в электроэнергетике и в мире является создание электростанций на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в сочетании с современными аккумулирующими устройствами, которые бы могли снизить нагрузки в контролируемых магистральных сетях, обеспечивающих перетоки выработан-

ной энергии из регионов. Это повысит надежность и устойчивость энергетических сетей с высокой долей недиспетчируемой возобновляемой выработки электроэнергии.

В мире до 2023 года планируется увеличить долю установленной мощности электрохимических накопителей до 3248 МВт·ч на ВИЭ, что почти в 2 раза увеличивает их количество в сравнении с 2020 годом. Использование электрохимических накопителей в микрогенерации планируется увеличить до 623 МВт·ч, что увеличит почти в 10 раз их установленную мощность.

В России добываются многие элементы и материалы для производства электрохимических накопителей: около 10% производства никеля приходится на ПАО «ГМК «Норильский никель». С запасами необходимых для производства литий-ионных аккумуляторов у России также большие перспективы. Помимо обыденных способов добычи на месторождениях, или же из залежей металлических пород, существует возможность их производства при добыче нефти и газа, что в России широко используется.

Однако, Россия не является существенным игроком в мире по производству литий-ионных аккумуляторных ячеек, так значительная часть прекурсоров и комплектующих импортируется, доля России на внутреннем рынке в данной сфере составляет около 2%, что не позволяет наладить производство аккумуляторов по конкурентоспособной цене, без поддержки из вне, для этих предприятий.

Проблемой создания и развития внутреннего рынка является высокая стоимость и долгие сроки окупаемости продукции, в которых используются современные электрохимические накопители. Доля российского рынка легковых автомобилей в мире составляет 2%, а к 2025 году, по прогнозам, составит 1%. Поэтому потенциал использования литий-ионных аккумуляторов в России ограничен, что также затрудняет создание конкурентоспособных отечественных производств. Поэтому задачу создания развитого внутреннего рынка в России стоит решать, принимая комплекс системных решений, направленных на более оптимизированное использование.

Россия обладает сильными позициями в данной сфере: географическое положение, доступность сырья и его месторождений, возможность создания масштабных национальных проектов.

Ключевыми направлениями в развитии отрасли накопителей энергии в России можно отнести:

- использование сырьевого потенциала, проявляющегося в заключении соглашений о поставках сырья в обмен на участие отечественных производств в цепочках получения добавочной стоимости;
- поддержка разрабатываемых научных проектов в данной сфере;
- стимулирование производства ключевого оборудования;
- поиск и покупка зарубежных перспективных компаний, с имеющимися разработками.

Большинство российских компаний, которые как-либо учувствуют в данной сфере имеют государственное участие, и абсолютное большинство из них входит в списки крупнейших компаний в мире по отраслям. Данным предприятиям следует взять на себя роль инициатора процесса развития аккумулирующей отрасли энергетики и запустить процесс опережения развития в сфере накопителей, что в будущем сыграет важнейшую роль в создании в России современных экономически рентабельных и востребованных производств аккумулирующих устройств.

Помимо существующих аккумулирующих электростанций на основе литий-ионных батареях также разрабатываются их альтернативы. Одной из них являются станции на основе гравитационных накопителей, принцип накопления которых основан на работе двигателя, а именно подъема груза с помощью каната и затем опускании груза, когда необходимо потратить накопленную энергию. Преимуществом твердотельных аккумулирующих подстанций (ТАЭС) является их меньшая занимаемая территория, для сравнения: аккумулирующая гидроэлектростанция запаасающая 10 ГВт·ч, займет в 5 раз больше территории, чем аналогичная ТАЭС.

Данные ТАЭС на текущий момент не сильно распространены, однако для России они довольно перспективны, что объясняется тем, что в России довольно ровный ландшафт, для которых ТАЭС и предназначены. Нераспространенность ТАЭС объясняется сложностью таких проектов. С уверенностью можно сказать что они экономически эффективны, однако также, как и с литий-ионными аккумулирующими станциями, им нужно финансирование, которого на данный момент недостаточно.

Подводя итоги можно сказать, что главная проблема аккумулирующей энергетики в России – это недостаток финансовой поддержки и незаинтересованность внутреннего рынка в наладке внутреннего производства современных накопителей энергии, и

только системный подход к данной проблеме, в купе с заинтересованностью крупнейших энергетических отечественных компаний, может дать толчок к решению данной задачи

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://habr.com/ru/company/vk/blog/401499/>. [Элек-тронный ресурс]

2. <https://www.eprussia.ru/market-and-analytics/5160804.htm>. [Электронный ресурс]

УДК 621.311

*к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», e-mail: yrvaskon@mail.ru*

**Коновалов Юрий Васильевич,**

**Леб Максим Сергеевич,**

*обучающийся группы ЭЭ-20-1,*

*ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,*

*e-mail: lebmaksim2@gmail.com*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

*Kononov Yu. V., Loeb M. S.*

## USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE POWER INDUSTRY

**Аннотация.** *Рассмотрены задачи цифровой трансформации электроэнергетики, внедрение энергетическими компаниями современных технологий искусственного интеллекта и интернет энергии.*

**Ключевые слова:** *цифровая трансформация, электроэнергетика, искусственный интеллект, интернет энергия.*

**Abstract.** *The tasks of digital transformation of the electric power industry, the introduction of modern technologies of artificial intelligence and the Internet of energy by energy companies are considered.*

**Keywords:** *digital transformation, electricity, artificial intelligence, internet of energy.*

Электроэнергетическая отрасль является одной из важнейших составляющих экономики страны, от ее функционирования зависит развитие и устойчивая деятельность предприятий, качество жизни населения и безопасность государства в целом. Развитие электроэнергетической отрасли в России в последние десятилетия происходило в несколько этапов: от единого объединения всех компонентов энергосистемы в одной организации до разделения энергосистемы на отдельные функциональные составляющие, такие как генерация, транспорт, диспетчерское управление, сбытовая деятельность.

Цифровизация в энергетике началась уже довольно давно. Первые микропроцессорные устройства автоматического предотвращения нарушения устойчивости создавались в СССР в 80-е годы прошлого века. Только цифровизация – это не просто осна-

щение какого-то объекта цифровыми терминалами защит – это построение комплекса управления со сквозной наблюдаемостью и управлением от энергосистемы страны до каждого конкретного выключателя [1-8].

### 1. Цифровая трансформация

Цифровая трансформация – это внедрение современных технологий в процессы предприятия, которое подразумевает изменения в подходах к управлению, корпоративной культуре, внешних коммуникациях.

Цифровая трансформация во всех ее качествах влияет и на энергетику, как отрасль производства, и на энергетические системы, как объединения промышленных и коммунально-бытовых потребителей, генераторов, систем транспорта и распределения энергии.

Уже сегодня повышаются вложения со стороны топливно-энергетического комплек-