

УДК 621.3

**Ступина София Михайловна,
студент специалитета**

3 курс, факультет «Энергетический»

Ростовский Государственный Университет Путей Сообщения

Россия, г. Ростов-на-Дону

Гудсков Артемий Александрович,

студент магистратуры

1 курс, факультет «Энергетический»

Ростовский Государственный Университет Путей Сообщения

Россия, г. Ростов-на-Дону

Бабенко Никита Дмитриевич,

студент магистратуры

1 курс, факультет «Энергетический»

Ростовский Государственный Университет Путей Сообщения

Россия, г. Ростов-на-Дону

РАЗЛИЧНЫЕ СПОСОБЫ АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И ПУТИ ИХ РАЗВИТИЯ

Аннотация: На сегодняшний день выработка электроэнергии в подавляющем количестве представлена классическими электростанциями, использующими как топливо природные ископаемые. Однако, современные тенденции требуют переход на безвыбросные методы, такие как солнечная или ветровая энергетика. Но полный отказ от классических генераторов невозможен без развития новой системы аккумулирования энергии взамен системы непрерывной её выработки и потребления. В статье рассмотрены различные виды аккумуляторов энергии, их развитие, перспективы, а также недостатки, сдерживающие развитие и распространение.

Ключевые слова: аккумулярование энергии, энергетика, альтернативная энергетика, экология.

DIFFERENT METHODS OF ELECTRIC ENERGY ACCUMULATION AND WAYS OF THEIR DEVELOPMENT

***Abstract:** Today, the overwhelming majority of electricity generation is represented by classical power plants that use natural resources as fuel. However, current trends call for a transition to emission-free methods such as solar or wind energy. But a complete rejection of classical generators is impossible without the development of a new energy storage system instead of a system of its continuous generation and consumption. The article discusses various types of energy accumulators, their development, prospects, as well as shortcomings that hinder development and distribution.*

***Key words:** energy storage, energy, alternative energy, ecology.*

Современная энергетика построена на непрерывном процессе выработки, распределения и потребления энергии. Это означает, что энергию вырабатывают именно в том количестве, в котором она будет потреблена.

Это накладывает ограничения и требования на выработку электроэнергии, что в первую очередь сильно сдерживает развитие альтернативной энергетика. Ветрогенераторы, солнечные панели и другие типы безвыбросных генераторов не могут выдавать мощность в соответствии с постоянно меняющимися потребностями сети, они жёстко связаны с погодными условиями, а АЭС имеют большую инертность и не могут быстро изменять выдаваемую мощность. Для поддержания стабильности приходится использовать стабилизирующие источники энергии, позволяющие быстро адаптировать систему под потребности сети, в роли которых в подавляющем большинстве случаев выступают классические тепловые электростанции,

работающие на угле и газовом топливе. Такой подход противоречит современной экологической стратегии развитых стран, что требует поиска решений по накоплению энергии в периоды низкой нагрузки сети, а также быстрой отдачи в моменты её пика. Распространение носимой электроники, появление электрического транспорта также требуют поисков эффективных, недорогих, быстрых, а также ёмких и удобных аккумуляторов энергии.

Единственным значимым по объёму применения на данный момент аккумулятором энергии являются ГЭС, накапливающие энергию в виде потенциальной энергии воды. Они же являются самым широко используемым на настоящий момент альтернативным источником энергии, составляя 90% от всей альтернативной энергетики [1]. Применение ГЭС удобно: она позволяет быстро нарастить мощность в сети, при этом электроэнергия получается дешёвой и подходит под современные тенденции экологичного взгляда на энергетику, а также саккумулировать её излишки в часы, когда потребление энергии снижается или её генерация превышает потребление, что характерно, например, для солнечных, термальных и ветряных электростанций. Однако, постройка ГЭС требует больших финансовых инвестиций, сложных расчётов конструкции, а также значительно времязатратнее, чем у конкурирующих установок. Неоспоримым негативным фактором является отрицательное влияние на экологическую обстановку в регионе, при строительстве в руслах рек затопляются близлежащие районы, преграждаются пути нереста рыб, происходит естественное загрязнение водоёмов.

В настоящее время большинство стран Европы и США, а также их крупные производители сделали ставку на аккумулялирование энергии в химических аккумуляторах, что подтверждается опубликованными ими долгосрочными планами развития.

Самыми популярными аккумуляторами на сегодняшний день являются литий-ионные. Они не имеют эффекта памяти, способны быстро накапливать заряд, обладают высокой плотностью заряда и самым низким уровнем

саморазряда среди конкурирующих химических аккумуляторов. Все эти положительные качества обусловили высокий спрос с самого начала их производства в 1991 году. Используются литий-ионные аккумуляторы как в носимой технике, так и в конструкции автомобилей на электротяге, так и в промышленных комплексах. Из-за большой востребованности они показывают рекордное снижение цены по сравнению с другими накопителями энергии – согласно исследованию Bloomberg цена литий-ионных накопителей энергии снизилась на 85% в период с 2010 года по 2018 год.

Однако, при всех преимуществах, как и в случаях любой другой технологии, у литиевых аккумуляторов имеются серьёзные недостатки, среди которых достаточно ограниченный срок службы и старение даже в неиспользуемом состоянии. Прежде всего стоит отметить проблему безопасности. Из-за высокой плотности энергии, а также особенностей химического строения, аккумуляторы на основе лития обладают высокой пожароопасностью. Производителям необходимо предусматривать защиту от чрезмерного заряда и глубокого разряда, короткого замыкания, небезопасных пределов тока, внешних повреждений и т.д., что обеспечивает большой вес и затрудняет транспортировку, влияя на конечную стоимость, делая её сравнимо высокой.

В совокупности эти проблемы говорят о ещё не полной готовности технологии, а за последние десятилетия разработок существенных решений проблем литиевых аккумуляторов представлено не было. Большинство разработок аккумуляторов с другими типами химических конструкций чаще всего обладают преимуществами только по определённым параметрам, но в совокупности проигрывают литиевым, находя применение в специализированной технике.

Значительное развитие, особенно на востоке, приобретает водородная энергетика. Водород удобен: его легко вырабатывать, можно быстро и порционно конвертировать энергию химической реакции его соединения с

кислородом в электричество в соответствии с потребностями сети. Получение водорода производится самыми разными методами, большая часть вырабатываемого газа получают методом парового риформинга метана. Чаще всего, используемый метан получают из природного газа, что приводит к образованию большого количества побочных продуктов и противоречит экологической повестке. Однако, большую популярность приобретает биогаз, получаемый из отходов жизнедеятельности и остатков живых организмов, представляющий собой экологически чистый метан, пригодный для использования в реакции паровой конверсии. Однако, наиболее удобным способом выработки водорода является электролиз, позволяющий напрямую преобразовать электроэнергию в водород с использованием воды и катализатора, процесс обладает высоким КПД, в промышленных масштабах сравнимый с таковым у трансформаторов – более 75% [2].

Учитывая, что КПД тепловых электростанций не превышает 40-50 %, сжигание водорода на них считается не рациональным решением. Распространённым способом преобразования энергии водорода в электрическую является так называемая реакция холодного горения, проводимая в специальных топливных элементах. Отличие топливных элементов от гальванических батарей заключается в том, что топливо в них подаётся извне из отдельного бака, а не заключена в ограниченном количестве внутри. Температура горения водорода в воздухе при нормальных условиях превышает 2000 градусов Цельсия, а проводимая в топливных элементах реакция происходит при температуре около 100 градусов, что свидетельствует о меньших температурных потерях, а КПД водородных топливных элементов превышает 50%, достигая в современных разработках 65%. При этом в результате реакции образуется абсолютно экологически чистая вода, которая может быть использована для повторного цикла запасания энергии, а также в любых других целях, так как не содержит никаких примесей.

Перспективность водородной энергетики также доказывает увеличение финансирования исследований в этой сфере мировыми компаниями, яркими примерами которых являются японская Toyota и корейские Hyundai и Kia. В свою очередь, Китайская Народная Республика, являясь одним из крупнейших производителей чистого водорода в мире, в госплане по альтернативной энергетике наравне с инвестициями в технологии химических аккумуляторов обозначает основным направлением развитие водородной промышленности.

Водородная энергетика является перспективным направлением, но имеет свои недостатки. Из-за мельчайшего размера частиц водород более восприимчив к утечке, он взрывоопасен и может храниться только под большим давлением в специализированных ёмкостях, требующих своевременного обслуживания и замены (а со спиртом таких проблем нет). Затрудняет развитие водородной энергетики также сложность его транспортировки по причине неразвитости инфраструктуры.

Не без внимания учёных остаются и, можно сказать, более классические идеи накопления энергии в маховиках. Наряду с уходящими в прошлое конструкциями, позволяющими накопить небольшое количество энергии относительно электрохимических аккумуляторов, при помощи новых технологий, а также новых материалов создаются так называемые супермаховики, обладающие высокой энергоёмкостью. Большим преимуществом маховичных накопителей энергии по сравнению с электрохимическими накопителями является более долгий срок службы – 20-25 лет. В свою очередь, было и на данный момент существует множество проектов создания супермаховиков, например, учёным NASA удалось создать установку мощностью 1 кВт и ёмкостью 525 А*ч для использования в космических аппаратах. Супермаховики могут быстро накапливать и отдавать энергию с большим КПД, но существует ряд проблем, тормозящих их развитие. Использование механических подшипников приводит к потере 20% сохранённой энергии в час, а использование электромагнитных подшипников

требует их питания и охлаждения, что сильно усложняет конструкцию и делает её менее эффективной. Отрицательным свойством супермаховиков также является быстрый саморазряд, что сильно ограничивает их применение.

Принцип сжатия веществ также применялся для хранения энергии. Эта идея получила своё начало в 19-ом веке, когда сжатый воздух планировали использовать как аналог паровым двигателям на паровозах. Существовали многие проекты, такие как London and Croydon Railway в Великобритании, участок Paris-Saint-Germain railway во Франции, а также отечественный локомотив Бароновского, курсировавший между Петербургом и Царским селом. Пневмопривод был также распространён в самых различных устройствах – пневмопочте, пневмозвонках дверей. Однако, с массовым приходом электричества, оно вытеснило пневмопривод. В современном мире этот способ накопления энергии не получил большого распространения по причине низкой энергоёмкости, а также сложностей и потерь, вызванных необходимостью охлаждения воздуха при сжатии и его нагрева при расширении. Метод, в свою очередь, при его использовании является экологически чистым, так как в атмосферу выделяется только тепло, исходящее от электромеханических преобразований. КПД системы напрямую зависит от применяемого типа процесса - адиабатического, диабатического, изотермического или другого, однако в лабораторных условиях показатель не превышает 70% [3].

Перспективным методом аккумуляирования является накопление энергии в виде жидкого этилового спирта. Этот способ схож с водородным, но носителем энергии выступает спирт. Он не взрывоопасен, к нему прилагаются меньшие требования по перевозке, чем у других накопителей энергии, к тому же для его транспортировки, хранения и реализации может быть использована уже развитая инфраструктура нефтяной промышленности. Представленные разработки зарубежных компаний позволяют получать спирт из углекислого газа и воды, используя биологические [4] или электрохимические [5] реакции.

В первом варианте спирт производят при помощи ацетогенных бактерий, позволяющих перерабатывать выхлопные газы производств в спирт, что может быть широко использовано в процессе перехода от классических электростанций на сжигаемом топливе. Второй вариант подразумевает непосредственное конвертирование электрической энергии в спирт посредством электрохимической реакции воды и углекислого газа в присутствии катализатора.

При необходимости получить электричество, этанол впрыскивается в топливную ячейку, в которой происходит реакция холодного горения, подобно водороду. Это позволяет быстро нарастить мощность в сети. Важным аспектом является то, что карбоновый след от использования спиртовой энергетики почти нулевой, так как при генерации электричества выделяется углекислый газ, который ранее был взят из атмосферы для производства используемого спирта.

В автомобильной технике, а также в структурах, где невозможно заменить классические двигатели внутреннего сгорания электрическими, например, в военной технике, спирт может быть использован, а в некоторых странах уже используется как замена бензину, не требуя перепроектировок и глобальных изменений в конструкции, что облегчает переход на новый вид аккумулятора энергии.

До сих пор самой важной проблемой накопления энергии является низкий общий КПД накопления и преобразования, но разработки в этом направлении продолжают вестись, а использование классических электростанций на сжигаемом топливе для поддержания энергосистемы остаётся актуальным. Однако, более глобальные проблемы, такие как влияние на климат, или невозможность использования классических способов выработки и передачи электроэнергии ввиду недоступности, ограниченности ресурсов или политических вопросов, делают потери оправданными, а также

заставляют искать новые альтернативные способы и повышать КПД существующих.

Литература:

1. Электроэнергетические системы и сети: учеб. пособие для бакалавриата и магистратуры / В.Я. Ушаков – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 446 с.
2. A Behind the Scenes Take on Lithium-ion Battery Prices // about.bnef.com
3. С.А. Григорьев, В.И. Порембский, В.Н. Фатеев, Р.О. Самсонов, С.И. Козлов. Получение водорода электролизом воды: современное состояние, проблемы и перспективы // Международный научно-технический журнал «Транспорт на альтернативном топливе» № 3(3) / 2008 г.
4. В.С. Степанов, Т.Б. Степанова, Н.В. Старикова. Определение энергетического потенциала сжатого воздуха для оценки эффективности работы воздушно-аккумулирующей станции // Известия высших учебных заведений / 2019
5. Liew F, Henstra AM, Köpke M, Winzer K, Simpson SD, Minton NP (March 2017). "Metabolic engineering of *Clostridium autoethanogenum* for selective alcohol production". *Metabolic Engineering*. 40: 104–114.