

Садковский Б.П.¹, Андросов А.Ю.²

¹Доктор технических наук, ²студент, кафедра «Автомобиле- и тракторостроение»,
Калужский филиал Московского государственного технического университета имени Н.Э.
Баумана

МОДЕРНИЗАЦИИ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Аннотация

В статье описана перспективность и проблематика технологии использования потоковых батарей для получения и аккумулирования электроэнергии, используемой к качестве топлива для электромобилей. Предложен вариант использования системы проточного аккумулирования электроэнергии как единственно возможный источник энергии.

Ключевые слова: электромобиль, электроэнергия автомобиля, аккумулятор.

Keywords: electric motor car, car electricity, battery.

Современные инженерные разработки позволили частично решить главную проблему, тормозящую серийный выпуск электромобилей – малую емкость энергоносителей. Результаты проделанной работы включают в себя: создание литий-ионных батарей, обладающих плотностью энергии всего 250 Вт·ч/л (для сравнения свинцовый аккумулятор обладает плотностью энергии 133 Вт·ч/л), серебряно-цинковых батарей (425 Вт·ч/л), аккумуляторов на основе алюминия (3000 Вт·ч/л), магний-графеновых аккумуляторов (4000 Вт·ч/л), а также последние разработки металло-воздушных аккумуляторов с выдающейся плотностью энергии 11000 Вт·ч/л, с возможностью её увеличения в зависимости от металлической основы батареи.

Такое видение замены топливной жидкости на применение электрических энергоносителей нашло свое воплощение в таких ведущих компаниях автомобилестроения, как Ford, Audi, Tesla Motors, в особенности последнего варианта разработок металло-воздушных батарей. Серийный выпуск предлагаемых концептов затруднен сложностью конструкции энергоносителей, которую они унаследовали от обыкновенных стационарных батарей, а также их нетехнологичностью, стоимостью и труднодоступностью. Варьируя химическую основу катода и анода, тем самым повышая ёмкость батареи, конструктивно их расположение и взаимодействие через электролит происходит непосредственно в самом аккумуляторе (рисунок 1).

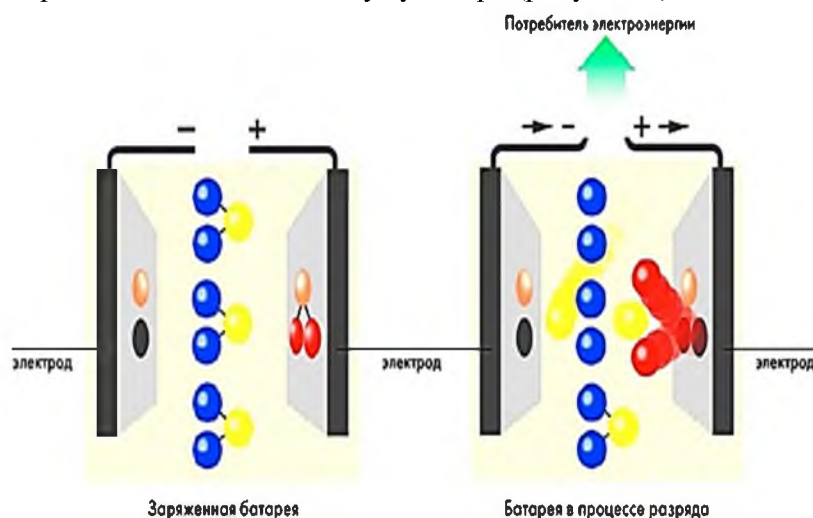


Рис. 1 Аккумуляторная батарея

Химическая энергия превращается в электрическую, которая на автомобилях с помощью трансформатора расходуется для приведения в действие электромотора. Количество пластин, с целью увеличения той же ёмкости, из дорогостоящих материалов доходит до критического значения, тем самым делая эти аккумуляторы технически невыгодными (крупногабаритными), технологически сложными в производстве и обслуживании, а также весьма дорогими.

Выход из сложившейся ситуации нашли инженеры Гарвардского университета, применив существенные конструктивные преобразования в системе энергоснабжения автомобиля, а также замены химической реакции между твердыми пластинами катода и анода, окислительно-восстановительной между жидкотекучими электролитами, заряженными как положительно, так и отрицательно. Суть решения заключается в создании технически новой системы проточного аккумулирования электроэнергии (рисунок 2).

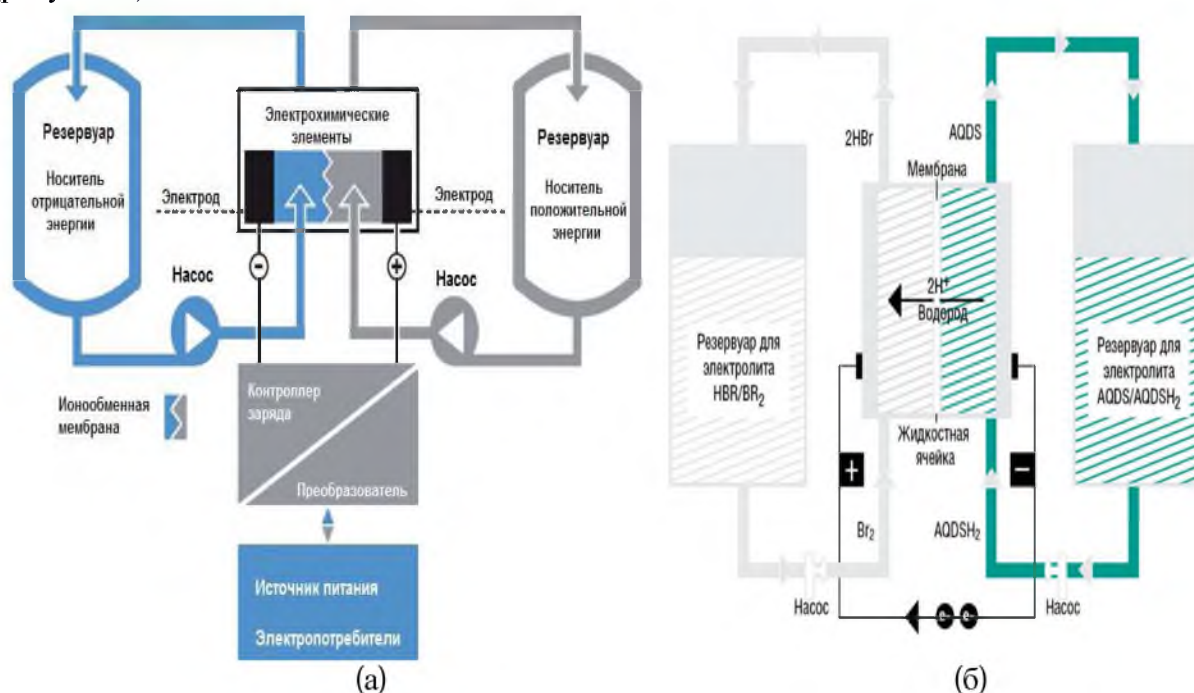


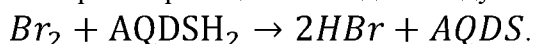
Рис. 2 - Системы проточного аккумулирования электроэнергии

Основными элементами конструкции (рисунок 2, а) являются два разделенных между собой контура, состоящих из резервуаров с положительно- и отрицательно-заряженными специальными смесями электролитов, которые вследствие своей хорошей жидкотекучести подаются насосами в двухсекционную жидкостную ячейку, разделенную между собой ионообменной мембраной, через которую происходит обмен свободными ионами электролитов, выработанный заряд от которых передается на электроды, без непосредственного физического контакта самих электролитов между собой. С электродов в свою очередь снимается необходимое выработанное в ходе окислительно-восстановительной реакции напряжение контроллером заряда и через преобразователь передается на суперконденсаторы и генераторы и используется для энергообеспечения электропотребителей, которыми в приоритете являются электромоторы. Отработавшая смесь электролита возвращается каждая в свою исходную ёмкость посредством начального давления, созданного насосами, то есть вся работа данной системы является непрерывным циклическим процессом.

Полный состав смеси, а именно применяемые вспомогательные вещества и катализаторы строго не разглашается, однако известны несколько уже реализованных схем взаимодействия, основными компонентами реакций которых является ванадий с различными степенями окисления (используется в редокс-аккумуляторах), суспензия из

мириад твёрдых частиц LiCoO_2 и углерода (попытка переработки уже существующего литий-ионного аккумулятора в проточной) и, как самый перспективный вариант использования окислительно-восстановительной реакции – взаимодействие AQDS (антрахинон-дисульфоната) и брома. Электроды после данной реакции заряжаются путем обмена ионами водорода (рисунок 2, б).

Реализованная схема функционирует следующим образом: в каждом из баков раздельно (в целях безопасности) хранится два электролита: в качестве анода и одновременно акцептора используется положительно заряженный бром (Br_2), а в качестве катода и донора синтетический переносчик отрицательных зарядов – гидроксид антрахинон-дисульфоната (AQDSH_2). Взаимодействуя в жидкостной ячейке через ионообменную мембрану происходит процесс окисления AQDSH_2 до AQDS, заключающийся в переносе двух ионов водорода 2H^+ , совместно с гетерогенным восстановлением брома. Таким образом реакция выглядит следующим образом:



После протекания реакции образуется бромид и чистый антрахинон-дисульфонат – два разряженных электролита, уносимые под давлением обратно в исходные резервуары.

Кроме электроактивных веществ смесь электролитов содержит кристаллические наночастицы, формирующие в самой жидкости и вблизи электродов электрообменные области, в которых формируется и сосредотачивается выработанный в результате реакции заряд.

Основные применяемые электролитические составляющие носят безопасный для человека характер, так как в большинстве своем являются продуктами органической природы. Применяемые хиноны в изобилии присутствуют в нефти, а также есть возможность их синтеза из растений, таких как ревеня. В качестве исходного сырья для производства брома служат: морская вода (65 мг/л), рассолы соляных озёр и другие щелочные среды. В свою очередь, хиноны чрезвычайно быстро претерпевают окислительно-восстановительную реакцию на простых и недорогих угольных электродах, также хорошо растворимы в воде, что устраняет пожароопасность их хранения и обеспечивает расположение в полостях резервуаров при относительно большой плотности энергии.

Процесс обмена ионами водорода может происходить как с помощью ионообменной мембраны, так и без неё, применяя принцип ламинарности течения. Чаще используется первый способ, но задействуя сразу несколько мембран, увеличивая количество электролитических секций для роста производительности выходного напряжения, воспроизводимого после выделения энергии во время химической реакции. Так на каждой из обкладок снимается напряжение равное 600 В и развивается мощность в 30 кВт. Увеличивая количество обкладок, увеличивается и мощность, выдаваемая установкой, при постоянном напряжении на каждой из них. Данный процесс выработки электроэнергии происходит постоянно, а полученное электричество сосредотачивается в суперконденсаторах, которые порционно и непрерывно передают его на электродвигатели, а также, используя гибридные технологии, воспринимают запасаемую энергию при торможении автомобиля.

Основная черта приведенной конструкции, способствовавшая к её созданию, является то, что емкость электроэнергии системы зависит от вместимости резервуаров. Последние разработки химического состава электролита достигли высоких показателей объемной плотности запасаемой электроэнергии на литр, равной 50 Вт·ч/л. Меняя объем резервуаров, можно увеличивать емкость системы, ограничиваясь конструктивными параметрами автомобиля.

Восстановление концентрации электроактивных веществ в баках автомобиля достигается путем их электрического обогащения извне, то есть простой зарядкой жидкостной ячейки с помощью стационарного зарядного устройства при одновременной подаче электролита, или же путем его замены на новый. Входные датчики контроллера

заряда снимают показатели выходного напряжения и, как следствие, контролируют качество химической реакции в жидкостной ячейке. Далее, переводя снятые электрические импульсы в блок управления, происходит сравнительный анализ снятых параметров с необходимыми для работоспособности потребителей электроэнергии, чем и достигается определение концентрации электроактивных веществ электролитов. С помощью исполнительных устройств на панель управления подается сигнал о разреженности топлива и требуемых мер устранения: зарядки электролита или его замены. В процессе зарядки подаваемое извне напряжение на ячейку (батарею) превращает их из разряженного состояния в заряженное, производя обратный ход химической реакции каждой жидкости в отдельности: восстановление ионов водорода антрахинон-дисульфоната и их высвобождение у брома. Таким образом, электролит не расходуется, а лишь видоизменяется. Последние результаты инженерных работ обеспечивают бесшумное использование электролита при однократной зарядке длительностью 10000 циклов. Потребность его смены наступает в момент спада активности ионов при зарядке.

Данная установка воспроизводства электроэнергии сконструирована применительно к реальному автомобилю и протестирована ведущей лихтенштейнской автомобильной компанией «panoFlowcell», занимающейся разработками и выпуском электромобилей. Для реализации проекта потребовалось разработать принципиально новую компоновку автомобиля, взяв за основу схему проточного аккумулирования электроэнергии, как единственно возможный источник энергии.

Конструкция концепта включает в себя (рисунок 3): два набора баков для электролитов (1) с суммарным объемом 400 литров (ёмкостью энергии 20000 Вт·ч/л), потоковую батарею (2) с установленными ионообменными мембранами, промежуточный накопитель на суперконденсаторах (3), четыре электромотора (4). В ходе реакции вырабатывается рабочее напряжение порядка 600 В, снимаемое контроллером заряда, и передается или на генератор, который вместе с ним формирует контрольный блок, или на суперконденсатор для хранения заряда. В свою очередь на суперконденсатор поступает ток равный 50А, а на моторы через генератор установка выдает ток равный 2000 А. Суммарная мощность полноприводного концепта, выдаваемая в совокупности установкой составляет 680 кВт (925 л.с.), максимальная скорость достигает 380 км/ч, а запас хода в соответствии с ёмкостью баков больше 500 км.

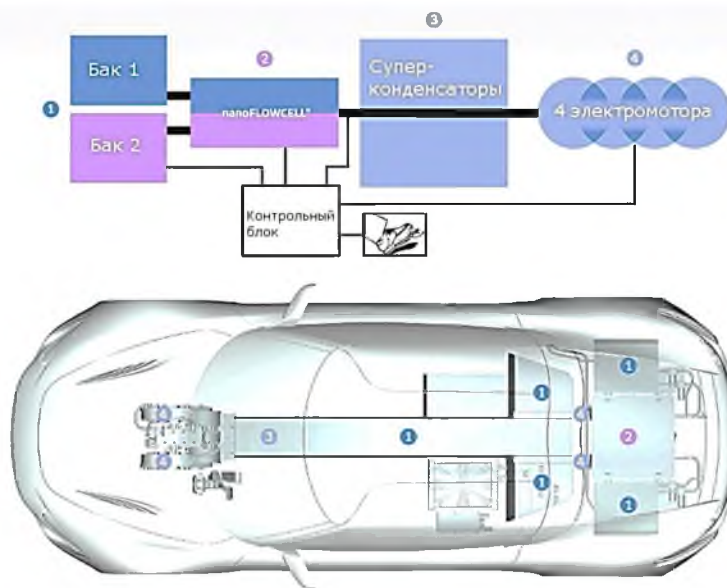


Рис. 3 - Конструкция концепта

Таким образом, подводя итог, целесообразно отметить прогресс в развитии технологии использования потоковых батарей для получения и аккумулирования

электроэнергии, используемой к качестве топлива для электромобилей. Во-первых, переконструируя автомобиль согласно разработанной схеме, будет получена возможность изменять ёмкость установки, тем самым изменять вырабатываемую мощность и запас хода, повышая эксплуатационные параметры автомобиля. Во-вторых, используемые вещества нисколько не опасны для окружающей среды, так как являются нетоксичными природными компонентами нетрудными в получении. В-третьих, относительная простота конструкции с выдаваемыми характеристиками автомобиля, делает её выгодной для производства и эксплуатации. Препятствием для промышленной реализации является некоторая дороговизна производства смесей электролитов, а также зависимость рынка от нефтепродуктов и индустрии в целом от производства автомобилей на основе бензиновых и дизельных двигателей. В целом разработка является ярким показателем прогресса автомобильной отрасли в создании альтернативной замены двигателя внутреннего сгорания, применив для этого электрические источники питания.

Литература:

1. Андросов А.Ю., Садковский Б.П. Двигатель будущего // Материалы всероссийской научно-технической конференции «Наукоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе». Т.3. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. – с. 93 – 97. ISBN 978-5-7038-3871-6.
2. Андросов А.Ю., Садковский Б.П. Современный способ увеличения ёмкости источников электроэнергии // Материалы региональной научно-технической конференции «Наукоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе». Т.2. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – С. 47 – 51. ISBN 978-5-7038-3957-7.