

УСТРОЙСТВА ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ В СИЛОВЫХ УСТАНОВКАХ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

ENERGY STORAGE DEVICES IN ELECTRIC VEHICLE POWER PLANTS

Трипутин И., студ., **Поварехо А. С.**, канд. техн. наук, доц.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
I. Triputin, student, A. Pavarekha, Ph. D. in Eng., Ass. Prof.,
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

В силовой установке электромобилей присутствует большое количество устройств и изделий, работа которых сопровождается сложными процессами. В данной работе описываются принципы и особенности работы основных устройств, без которых работа современного электромобиля невозможна.

There are a large number of devices and products in the power plant of electric vehicles, the operation of which is accompanied by complex processes. This paper describes the principles and features of the operation of the main devices, without which the operation of a modern electric car is impossible.

Ключевые слова: энергия, аккумуляторы, напряжение, мощность, суперконденсатор.

Keywords: energy, batteries, voltage, power, supercapacitor.

ВВЕДЕНИЕ

Бортовые устройства хранения энергии обеспечивают значительные преимущества в повышении стабильности, качества электроэнергии и надежности источника питания. Основными типами таких устройств, являются аккумуляторные батареи, суперконденсаторы и маховичные энергосистемы [1]. Менее популярными, вследствие своей сложности и относительной новизны, однако наиболее перспективными из возобновляемых источников энергии являются топливные и фотоэлементы.

ЛИТИЙ-ИОННЫЕ БАТАРЕИ

Литий-ионные аккумуляторы характеризуются отличной плотностью мощности (400–800 Вт/кг), что обеспечивает более чем 2С разрядную характеристику (в размере 40–80 кВт пиковой мощности в сборке на 20 кВт·ч) [2, 3]. Однако у них также есть много недостатков.

- стоимость (прогнозируемая около 250–300 \$/кВт·ч);
- литий является очень легковоспламеняющимся элементом, благодаря чему его воспламенение нельзя погасить обычным углекислотным огнетушителем;
- литий-ионные батареи имеют срок службы от 400 до 700 циклов.

Поэтому решение этих проблем имеет решающее значение. Чтобы решить проблему безопасности, некоторые производители изменили химию батареи в ущерб емкости и стоимости. Другие разработали химии, которая улучшает жизненный цикл и срок службы в ущерб емкости и мощности.

Альтернативный способ решения вышеупомянутых проблем, которые по существу являются общими для всех литиевых перезаряжаемых батарей, использует электронное управление в виде компенсаторов напряжения ячейки. Немногие из обоснований управления кратко перечислены ниже.

Защита от перенапряжения: эта функция снижает ток зарядки, когда общее напряжение составляет более 4,3 В/ячейку. Это связано с тем, что при более высоких напряжениях внутри ячейки образуется металлический литий, который является высокогорючим, как объяснялось ранее. Для простоты эта защита иногда применяется ко всему блоку ячеек вместо измерения напряжения каждой ячейки.

Защита от пониженного напряжения: эта функция снижает ток разряда при напряжении до 2,5 В/элемент. При таком напряжении теряется некоторая мощность, и внутри ячейки образуется определенное количество нежелательного медного покрытия. Также в этом случае для простоты можно измерять полное напряжение вместо проверки напряжения каждой ячейки.

Защита от короткого замыкания или максимальная токовая защита: эта схема защиты отключает ток зарядки/разрядки, если он превышает определенный предел (2С–50С, в зависимости от технологии ячейки).

Защита от перегрева: в этом случае ток отключается, если температура блока превышает определенное значение (около 60 °С).

Из-за их высокой удельной энергии и напряжения элемента, а также перспектив быть произведенными по низкой цене, ожидается, что литий-ионные батареи полностью заменят Ni-MH батареи применительно к электроприводу ТС. Литий-ионная батарея состоит из окисленного кобальта на положительном электроде, углерода на отрицательном электроде и соли лития в органическом растворителе в качестве электролита. Следует отметить, что процессы, происходящие в батарее довольно просты для моделирования.

Литий-ионные батареи сыграли важную роль в повышении стандартов производительности батарей, а в последнее время, даже в прогнозировании износа батареи. В табл. 1 представлены типы аккумуляторных батарей, используемые в электромобилях [1].

Таблица 1 – Типы аккумуляторных батарей, применяемых в электромобилях

Характеристики	Pb	NiCd	NiMh	Li-ион	Li-ион полимерный
Дата изобретения первых образцов	1859	1899	1970	1912	1999
Плотность, Вт·ч/кг	30–50	45–80	60–120	110–160	100–130
Максимальное число циклов заряда/разряда	300	1500	500	1000	500
Время заряда, ч	8–16	1	2–4	2–3	2–3
Саморазряд за месяц, %	5	20	30	10	около 10
Напряжение элемента, V	1,5	1,5	1,5	3,6	3,6
Минимальная рабочая температура, °C	–20	–40	–20	–20	0
Необходимость разряжать	2 раза в полгода	1 раз в месяц	1 раз в 3 месяца	нет	нет

Многообещающие аспекты химии батарей на основе лития включают в себя низкий эффект памяти, высокую удельную энергию около 100 Вт/кг, высокую удельную мощность 300 Вт/кг и срок службы батареи не менее 1000 циклов. Ключевыми барьерами являются календарный ресурс, стоимость, работа при экстремальных температурах и злоупотребление допустимыми отклонениями. Для дальнейшего увеличения удельной энергии необходим прорыв в разработке современных электродов.

В настоящее время компания Samsung Advanced Institute of Technology заявила, что использование материалов из графенового шара для изготовления батарей увеличит их емкость на 45 % и скорость зарядки в пять раз. Полный заряд литиево-ионной батареи занимает час, но время будет сокращено до 12 мин. с помощью новой технологии.

Аккумуляторы, которые используют графеновые шары, также могут поддерживать температуру 60 °С, что требуется для использования в электромобилях [4].

Характеристики некоторых из основных химий батарей, которые рассматриваются для систем тяги, хранения и систем с возобновляемыми источниками энергии, приведены в таблице 3.1.

Требования к испытаниям тяговых аккумуляторных батарей, а именно, самого распространенного на данный момент применения литий-ионных элементов, представлены в [5].

ИОНИСТОРЫ

Электрохимические двухслойные конденсаторы (ионисторы) или суперконденсаторы работают во многом так же, как и обычные конденсаторы, поскольку отсутствует ионный или электронный перенос, что приводит к химической реакции (фарадний процесс отсутствует). Другими словами, энергия хранится в электрохимическом конденсаторе путем простого разделения заряда. Следовательно, энергия, накопленная в электрохимическом конденсаторе, может быть рассчитана с использованием того же известного уравнения, которое используется для обычных конденсаторов по формуле [6]:

$$Q = C \cdot V = \frac{A \cdot \varepsilon}{d} \cdot V.$$

Что касается обычного конденсатора, то емкость C пропорциональна площади A пластин, диэлектрической проницаемости диэлектрика ε и обратно пропорциональна расстоянию d между пластинами. В общем, ионисторы спроектированы так, чтобы обладать очень высокой площадью поверхности электрода и использовать диэлектрик с высокой диэлектрической проницаемостью, сохраняя при

этом токовые коллекторы очень близко. Поэтому ионисторы достигают очень высоких значений емкости (кило-фарады против милли- и микрофарадов для обычных конденсаторов). Это достигается за счет использования пористого углерода в качестве токоприемника, а не металлических полос. Пористый углеродный коллектор имеет очень большую площадь поверхности, позволяя хранить относительно большую энергию на поверхности коллектора. Два электрода разделены очень тонким пористым сепаратором и погружены в электролит, такой как пропилен карбонат. Из-за высокой проницаемости и близости электродов, ионисторы имеют способность выдерживать низкие напряжения (обычно 2,5 В).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные тенденции показывают, что более высокие плотности энергии достижимы с помощью углеродного композитного электрода с использованием органического электролита, а не композитных электродных устройств с углеродным/металлическим волокном, с водным электролитом. Как описано выше, ионистор хранит энергию, физически разделяя противоположные заряды. Это имеет глубокие последствия для жизненного цикла, эффективности, энергии и плотности мощности. Следует отметить, что, как правило, ионистор имеет длительный жизненный цикл из-за того, что (в идеале) на электродах не происходит химических изменений при нормальной работе. Кроме того, общая эффективность превосходна; это только функция омического сопротивления проводящей цепи. Кроме того, плотность мощности является исключительной, поскольку заряды физически хранятся на электродах. Напротив, плотность энергии низка, потому что электроны не связаны химическими реакциями. Отсутствие химической связи также означает, что ионистор может быть полностью разряжен, что приводит к более сильным колебаниям напряжения в зависимости от состояния заряда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Златин, П. А. Электромобили и гибридные автомобили / П. А. Златин, В. А. Кеменов, И. П. Ксенович; под ред. П. А. Златина]. - Москва : Агроконсалт, 2004. – 413 с.
2. Cassani, P. A. Status review and suitability analysis of cell-equalization techniques for hybrid electric vehicle energy storage systems / P.

A. Cassani, S. S. Williamson // IEEE Power Electronics Society Newsletter. – vol. 20, no. 2. – 2008, – pp. 8–12.

3. Все о литий-ионных аккумуляторах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tze1.ru/articles/detail/vse-o-litiy-ionnykh-akkumulyatorakh/>. дата доступа: 27.11.2024.

4. Graphene balls for lithium rechargeable batteries with fast charging and high volumetric energy densities [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nature.com/articles/s41467-017-01823-7>. – Дата доступа: 16.01.2018.

5. Транспорт дорожный на электрической тяге. Методы испытаний тяговых литий-ионных батарейных блоков и систем. Часть 1. Высокомощные применения : ГОСТ Р ИСО 12405-1-2013 Введен 01.09.2014.

6. Гнатов, А.В. Электробус на суперконденсаторах для міських перевезень / А. В. Гнатов [и др.] // Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – Вестник ХНАДУ – 2016 г.

Представлено 15.05.2024

УДК 629.114.2

ПОЛУПАНТОГРАФ С ПНЕВМОПРИВОДОМ

Крюков И. Ю., студ., **Рахлей А. И.**, канд. техн. наук, доц.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

I. Kryukov, student, A. Rakhley, Ph. D. in Eng., Ass. Prof.,
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Токоприемник является одним из основных элементов силового электрооборудования трамвая. В данной работе предлагается усовершенствованная конструкция пантографного токоприемника с пневмоприводом.