ИОНИСТОРЫ (СУПЕРКОНДЕНСАТОРЫ): ОСНОВЫ И ПРИМЕНЕНИЕ

IONISTORS (SUPERCAPACITORS): BASICS AND APPLICATIONS

УДК 681.11.031.12

Мутаев Нуритдин Халидович, Магистрант 2 курса, кафедра «Радиотехники», Дагестанский государственный технический университет, г. Махачкала

Mutaev Nuritdin Khalidovich

Аннотация

В статье рассматривается история развития, принцип работы суперконденсатора и их применение. Также рассматривается вопрос хранения энергии с помощью суперконденсаторов. Раскрываются преимущества и недостатки суперконденсаторов, история развития, структура. Описывается принцип работы и возможности эффективного применения суперконденсаторов в качестве устройств высокоэффективного хранения энергии, а также расчеты мощности суперконденсаторов. Описаны области применения в автомобильной промышленности, в компьютерных технологиях и в других отраслях электроники.

Annotation

The article discusses the history of development, the principle of operation of the supercapacitor and their application. The issue of energy storage using supercapacitors is also being considered. The advantages and disadvantages of supercapacitors, the history of development, and the structure are revealed. The principle of operation and the possibility of effective use of supercapacitors as high-efficiency energy storage devices, as well as calculations of the power of

supercapacitors are described. The fields of application in the automotive industry, in computer technologies and in other branches of electronics are described.

Ключевые слова: Суперконденсатор; сепаратор; электролит; электроды; хранение энергии; эффективность.

Keywords: Supercapacitor; separator; electrolyte; electrodes; energy storage; efficiency.

Введение

Энергетический кризис и загрязнение окружающей среды привели к развитию систем хранения чистой и возобновляемой энергии. Суперконденсаторы, также называемые ультраконденсаторами или электрическими двухслойными конденсаторами, обеспечивают очень высокую емкость при небольших габаритах. Он хранит электрическую энергию в виде электрического поля между двумя проводящими пластинами и может проработать на сотни тысяч больше циклов заряда-разряда, чем батареи, потому что они не подвержены износу, связанного с химической реакцией. Именно по этой причине и возросло его применение в электроприводах, ИБП, активных фильтрах, тяговых и автомобильных приводах, это и привлекает внимание к изучению его особенностей.

Структура суперконденсатора

Суперконденсатор не состоит из диэлектрического материала как керамические конденсаторы или электролитические конденсаторы. Как показано на рисунке 1, суперконденсаторы состоят из двух пористых электродов, электролита, сепаратора и токосъемников.

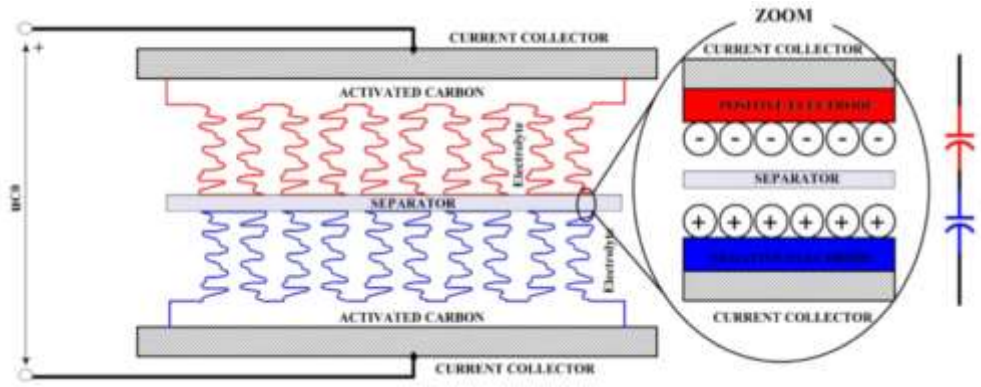

Рисунок 1. Поперечное сечение суперконденсатора.

Токосъемник. Токоприемники состоят из металлической фольги, как правило, из алюминия, поскольку это дешевле, чем титан, платина и т. д. Они покрыты электродным материалом.

Электроды. Величина емкости пропорциональна площади поверхности электрода. Как правило, в качестве электродного материала используют высокопористый порошковый покрытый активный углеродный материал или углеродные нанотрубки. Пористая природа материала позволяет хранить в заданном объеме гораздо больше носителей заряда (ионов или радикалов из электролита). Это увеличивает величину емкости суперконденсаторов. Электроды защищены покрытием на токосъемнике и погружены в электролит.

Электролит. Электролит является ключевым фактором в определении внутреннего сопротивления (ЭПС или Эквивалентное Последовательное Сопротивление). Раствор электролита должен быть либо водным, либо неводным по своей природе. Неводные электролиты в основном предпочтительны, так как они обеспечивают высокое клеммное напряжение V. Неводный раствор состоит из проводящих солей, растворенных в ацетонитрил или карбонат пропилена. Ацетонитрил или карбонат пропилена как растворители являются предпочтительными. В качестве растворенных веществ можно использовать ионы тетраалкиламмония или лития.

Сепаратор. Сепаратор находится между электродами и состоит из материала, прозрачного для ионов, но являющегося изолятором для прямого контакта между пористыми электродами во избежание короткого замыкания.

Структура суперконденсатора уникальна, и поэтому он отличается от обычных батарей и конденсаторов. Использование активированного угля увеличивает площадь поверхности и, следовательно, увеличивает величину емкости. Электролит с низким внутренним сопротивлением увеличивает плотность мощности. И то, и другое вместе дает суперконденсаторам способность быстро накапливать и высвобождать энергию. Мощность (Вт) суперконденсатора задается формулой:

$$P=V^2/4R, \qquad (1)$$

где V - рабочее напряжение, а R (ом) - внутреннее сопротивление.

Накопление энергии в суперконденсаторах

При подаче напряжения начинается зарядка, то есть начинает развиваться электрическое поле. Давайте разберемся в процессе зарядки, ссылаясь на рис. 2 и 3.

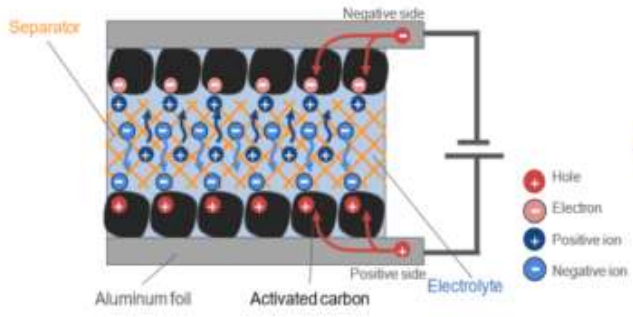

Рисунок 2. Холостой ход суперконденсаторов.

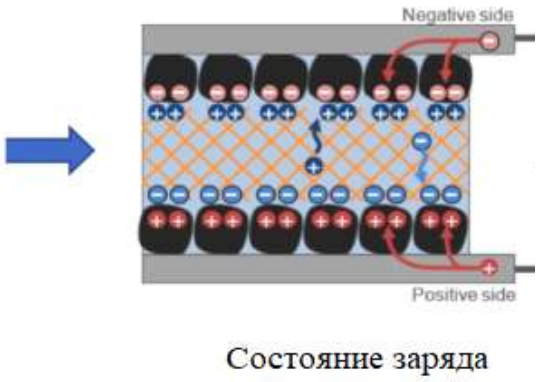

Рисунок 3. Зарядовое состояние суперконденсаторов

Процесс зарядки происходит следующим образом: при подаче напряжения каждый коллектор притягивает ионы противоположного заряда. Ионы из электролита собираются на поверхности двух токоприемников. Заряд строится на каждом токоприемнике. Как мы видим на рис. 3, образовались два отдельных слоя заряда, поэтому суперконденсатор также называют электрическим двухслойным конденсатором.

Процесс разрядки происходит следующим образом:

- Ионы больше не сильно притягиваются к токосъемникам.
- Ионы распределяются через электролит.
- Заряд на обоих токоприемниках уменьшается.

Преимущества суперконденсаторов

- Использование активированного углеродного материала увеличивает величину емкости, поэтому суперконденсаторы обладают высокой емкостью накопления энергии по сравнению с электролитными конденсаторами и батареями.
- Длительный срок хранения по сравнению с батареями. В батареях, энергия хранится и выделяется через химическую реакцию внутри материала электрода, который вызывает деградацию.
- Суперконденсаторы могут перезарядить вкратце время, и поставить высокие и частые пики спроса на электроэнергию.
- Суперконденсаторы имеют высокую плотность мощности и могут обеспечить большой всплеск мощности в течение короткого периода времени.

Применение суперконденсаторов.

Благодаря уникальной способности хранения энергии суперконденсаторы можно использовать в различных устройствах, таких как электроприводы, ИБП, электромобили, твердотельные накопители, светодиодные фонари и т.д. Можно рассмотреть некоторые варианты.

Гибридные Автобусы. Транспорт - это самый большой рынок для суперконденсаторов. В Индии в конце месяца, в октябре 2017 года, компания BEST (Brihan Electric Supply and Transport) представила безэмиссионные электрические автобусы. Ранее в этом документе мы обсуждали, что суперконденсаторы заряжаются быстро. Аккумуляторам требуется время, чтобы зарядиться. Во время торможения электродвигателями создается обратная ЭДС. Эта обратная ЭДС в качестве регенеративной энергии используется для зарядки суперконденсаторов. Суперконденсаторы как комбинированное решение с аккумулятором увеличивают срок службы аккумулятора, уменьшают его габариты.

В Шанхае автобусы работают на суперконденсаторах в качестве одиночного источника питания (он перезаряжается через каждую третью остановку в 1-2 мин с помощью регенеративной энергии, вырабатываемой торможением). Китай продемонстрировал миру, что эта технология может быть реализована в крупном масштабе. Однако технология с использованием суперконденсатора совместно с аккумулятором является более выгодной с точки зрения общей эксплуатационной производительности автобусов.

Автомобили. При торможении обратная ЭДС, создаваемая двигателями, используется для зарядки суперконденсатора в электромобиле. Суперконденсаторы могут заряжаться всего за несколько секунд. Эта накопленная энергия используется для запуска двигателя, питания электрической системы автомобиля, а также для зарядки аккумулятора, используемого в автомобилях. В Индии компания Tata Motors недавно выпустила первую партию электромобилей Tigor EV, изготовленных для государственной компании EESL (Energy Efficiency Services).

Электронные и маломощные устройства. Суперконденсаторы используются в запоминающих устройствах ноутбуков, мобильных телефонов, радиотюнеров и т. д. Они используются там, где требуется мгновенный всплеск мощности, например, светодиодные вспышки.

Возобновляемые Источники Энергии. В настоящее время используются передовые турбины с переменной скоростью вращения с тремя лопастями. Угол наклона лопастей является гибким и может регулироваться в зависимости от рабочей точки турбины и скорости ветра. В случае отказа турбины или силового преобразователя лопасти должны быть быстро переведены в положение 90°, чтобы предотвратить механические повреждения лопастей. Суперконденсаторы используются в ветроэнергетике для обеспечения мощности управления шагом лопастей.

Литература

1. В. Кузнецов, О. Панькина, Н. Мачковская, Е. Шувалов, И. Востриков. Конденсаторы с двойным электрическим слоем (ионисторы): разработка и производство. Компоненты и технологии № 6, 2005;
2. Кашкаров А. П. Аккумуляторы. Справочник; стр. 24-34.
3. Supercapacitors: Fundamentals and Applications. Electronics For You. URL: https://www.electronicsforu.com/technology-trends/learn-electronics/supercapacitors-fundamentals-applications/2.

Literature

1. V. Kuznetsov, O. Pankina, N. Machkovskaya, E. Shuvalov, I. Vostrikov. Electrical double layer capacitors (supercapacitors): development and production. Components and Technologies No. 6, 2005;
2. Kashkarov A. P. Accumulators. Directory; pp. 24-34.
3. Supercapacitors: Fundamentals and Applications. Electronics For You. URL: https://www.electronicsforu.com/technology-trends/learn-electronics/supercapacitors-fundamentals-applications/ 2.