УДК 621.314

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ В СИЛОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

*А.Е. Белодедов, О.А. Лысенко*

Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

*В данной статье приведен краткий обзор суперконденсаторов, сравнение характеристик суперконденсаторов, выпускаемых различными компаниями, а также возможности и перспективы их применения. Рассмотрен вопрос применения суперконденсаторов в преобразовательной технике и частотно-регулируемом электроприводе. На примере электропривода лифта показано, что включение суперконденсаторов в звено постоянного тока преобразователей частоты позволяет эффективно повысить надежность работы электропривода и снизить затраты электроэнергии.*

*Ключевые слова: суперконденсатор, ионистор, преобразовательная техника, электропривод*

В современной электротехнике все большее применение находит новый тип энергоемких конденсаторов, называемый суперконденсаторами. Суперконденсаторы (ионисторы, ультраконденсаторы, конденсаторы с двойным электрическим слоем) - электрохимические устройства, «обкладками» в которых служит двойной электрический слой на границе раздела электрода и электролита.Благодаря своим характеристикам эти устройства занимают промежуточное положение между обычными конденсаторами и аккумуляторными батареями, что показано на рис. 1.



*Рис.1. Диаграмма Рагона для устройств генерации и накопления энергии [1]*

Электроды большинства современных суперконденсаторов выполняются из углеродных пористых материалов.Между электродами находится электролит (водный или органический раствор), разделенный сепаратором. При контакте электрода с электролитом с разных сторон сепаратора образуются слои с избыточными носителями противоположной полярности. Таким образом, суперконденсатор представляет собой два последовательно соединенных конденсатора.

Из-за использования общего электролита, разделенного сепаратором, максимально допустимое напряжение суперконденсатораравно напряжению разложения электролита. Для получения суперконденсаторов с напряжениями до 1000 вольт для технических применений, элементарные суперконденсаторы соединяют последовательно[1].



*Рис.2. Схема конструкции суперконденсатора*

Ведущими промышленными производителями суперконденсаторов в России являются компании ЗАО «НПО «ТехноКор» и ЗАО «Элтон».

Фирма «НПО «ТехноКор» выпускает суперконденсаторыс номинальным напряжением от 12 до 420 В, емкостью от 0,1 до 500 фарад, запасенной энергией от 5 до 150 кДж, мощностью импульсного разряда до 100 кВт при токе разряда до 5000 А. Температурный диапазон данных суперконденсаторов от –45 до +60ºС. Они устойчивы к воздействию токов короткого замыкания, кратковременных перенапряжений и напряжений обратной полярности, пожаро – и взрывобезопасны, обладают необходимой вибро- и ударопрочностью, а также не требуют технического обслуживания во время всего срока эксплуатации.

Особенностью суперконденсаторов, выпускаемых фирмой«Элтон», является так называемая “асимметричная” конструкция. При такой конструкции один электрод выполняется из активированного углеродного материала, а другой электрод является неполяризуемым (фарадеевским) электродом. Неполяризуемый электрод изготовливается из гидроксида никеля, который является основным компонентом активного материала, в качестве электролита используется водный раствор щелочи, применяемый в щелочных аккумуляторах. Эта особенность конструкции суперконденсаторов ЭЛТОН обеспечивает высокую плотность энергии и мощности (до 13 Втч/л и 6 кВт/л), ресурс свыше 1 млн. циклов «заряд-разряд», широкий диапазон рабочих температур (–50/+70 0С). Также они устойчивы к значительным перегрузкам по напряжению и перезаряду без выхода из строя, и не имеют материалов, опасных для здоровья и окружающей среды.

За рубежом ведущую роль в производстве суперконденсаторов занимают компании MaxwellTechnologies (США) и NEC-Tokin (Япония).Суперконденсаторы компании MaxwellTechnologies имеют емкость от 1 до 3400 Ф на напряжение 2,7 В. Диапазон рабочих температур от –40 до +70ºС. Суперконденсаторы, производимые фирмой NEC-Tokin, рассчитаны на разрядный ток до 1 А, значения их емкости лежат в диапазоне от 0,1 мФ до 200 Ф. Рабочая температура – от –40 до +85ºС.

Сравнение характеристик суперконденсаторов различных фирм приведено в табл. 1.

*Таблица 1. Сравнение характеристик суперконденсаторов*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | «Элтон» | «MaxwellTechnologies» |
| Тип суперконденсатора | 10ЭК501 S | ESM ULTRA 31/900 |
| Максимальное напряжение, В | 16 | 15 |
| Номинальная емкость, Ф | 600 | 500 |
| Запасаемая энергия, кДж | 58 | 18 |
| Внутреннее сопротивление, мОм | 3,5 | 4 |
| Ток утечки, мА | 10 | 10 |
| Максимальная мощность, кВт | 15 | 16,4 |
| Габаритные размеры (LxWxH), мм | 350x104x193 | 330x173x240 |
| Масса, кг | 9,4 | 7,3 |

Основным направлением развития суперконденсаторов является увеличение их емкости за счет использования электродов из различных материалов. Графен с момента его открытия рассматривался в качестве альтернативы электродам из активированного угля. Пористый графен, как показали исследования, обладает достаточно большим значением эффективной площади поверхности, что делает его идеальным материалом для электродов суперконденсаторов. Графеновыесуперконденсаторы могут работать на более высоких частотах, а гибкость графена позволяет создавать на его основе чрезвычайно тонкие и гибкие устройства аккумулирования энергии. Эти устройства накопления энергии выдерживают без потери электрической емкости тысячи циклов заряда-разряда. Кроме того, электрическая емкость таких суперконденсаторов практически не изменилась после того, как гибкий суперконденсатор был деформирован 8 тысяч раз подряд.

Учеными из университета Вандербильта был создан суперконденсатор из кремния путем травления кремниевой подложки. Инженеры обнаружили, что при покрытии пористого кремния слоем графена его свойства как ионистора кардинально улучшаются.Графеновое покрытие выполняет роль защитного слоя, а при заряде ионистора максимальная плотность энергии вырастает в 25 раз.Авторы исследования говорят, что цель их работы —интеграция суперконденсаторов в обычные микросхемы, которые изготовляются по стандартному техпроцессу, например,их установка с обратной стороны солнечных панелей и сенсоров[2].

Ученые из Китая в качестве электрода предложили использовать композит из углеродного волокна, которое используется в качестве проводящей основы, и слоя (толщиной 30 – 50 нм) полианилина, который является проводящим полимером [3]. Получившийся композит обладает хорошей гибкостью (как и углеродная ткань) и большой удельной площадью поверхности, что способствует работе такого материала в качестве суперконденсатора.

По данным недавнего исследования экспертной компании LuxResearch, рынок суперконденсаторов в ближайшие пять лет увеличится более чем в два раза, с 466 млн долл. в 2013 г. до 836 млн долл. в 2018 г [4].Аналитики LuxResearch изучили существующие устройства, в которых суперконденсаторы имеют большое значение, а также изучили перспективы улучшения материалов, конструкций, технических характеристик и стоимости, которые могут открыть большие возможности развития.

Было выяснено, что инновации в материалах приведут к 15% снижению цены, благодаря постепенному улучшению характеристик и повышению эффективности технологии производства. Большее рабочее напряжение - 3,5 В вместо 2,7 В может снизить цены еще на 40%.

Основное перспективное направление использования суперконденсаторов связано с их применением в области автомобильных электронных систем. Проблема создания экономичного и экологически чистого транспорта является одной из приоритетных проблем современного мира. Использование суперконденсаторов большой емкости с большими пиковыми токами разрядки в автомобилях и крупном городском транспорте позволяет сократить потребление топлива более чем на 50% и снизить уровень загрязнения окружающей среды выбрасываемыми частицами на 90% [1].

Применение суперконденсаторов в преобразовательной технике связано с вопросом преобразования, запаса и дальнейшего использования энергии. Силовые преобразователи, использующие для запасания энергии суперконденсаторы, используются для питания и рекуперации энергии в системах бесперебойного питания, железнодорожном транспорте, а также в электроприводе подъемных установок.

В системах бесперебойного питания суперконденсаторы в качестве накопителей энергии используются совместно с DC/DC преобразователями. Это создает полностью автономную систему резервного питания. Полученная система может применяться как для питания электропривода, так и совместно с другими преобразователями постоянного тока.

Суперконденсаторы к цепи постоянного тока подключаются посредством DC/DC преобразователей. Заряд элементов происходит, когда нагрузка потребляет меньше энергии, чем производится генератором, а также в режимах торможения двигателей. Запасенная энергия затем расходуется во время пиковых нагрузок [5].



*Рис. 3. Схема источника бесперебойного питания, применяемая в подъемных установках*

Также суперконденсаторы могут применяться в звене постоянного тока в преобразователях частоты. В современных преобразователях частоты с неуправляемым выпрямителем при тормозных режимах работы ЭД энергия торможения рассеивается на дополнительном тормозном сопротивлении, установленном в звене постоянного тока. Наличие суперконденсатора должно повышать надежность работы электропривода в условиях кратковременного перебоя питающего напряжения.

Применение суперконденсаторов в качестве накопителей энергии в электроприводе лифтов позволяет решить задачи приема и хранения энергии рекуперации для дальнейшего его использования, а также для защиты силовых элементов звена постоянного тока от перенапряжений во время переходя ЭП в генераторный режим. Помимо этого, энергия, сохраненная суперконденсатором, может быть использована для эвакуации пассажиров при исчезновении питающего напряжения [6].

Энергетические затраты на эксплуатацию лифта оценить достаточно сложно, но по приблизительным данным на один лифт в месяц приходиться около 1500 кВт∙ч. При работе электропривода лифта с активной нагрузкой активная составляющая момента составляет около 75% от номинального момента. По данным исследования, проводимого на кафедре «Электропривод и автоматизация промышленных установок» Уральского Федерального Университета, использование суперконденсаторов в электроприводах механизмов с подобным режимом работы позволяет экономить до 50% активной электроэнергии [7]. Таким образом, при установке суперконденсатора в электропривод лифта, можно сократить месячное потребление энергии до 800кВт∙ч.

Вывод: использование суперконденсаторов в электроприводе лифтов целесообразно, так как это позволяет обеспечить значительную экономию электроэнергии, а также повысить надежность работы электропривода при провалах или отключении питающего напряжения.

Литература

1. Деньщиков, К.К. Суперконденсаторы: принцип построения, техника и применения [Текст] / К.К. Деньщиков. // Ученый совет ОИВТ РАН. – 2013.

2. Oakes L. Surface engineered porous silicon for stable, high performance electrochemical supercapacitors[Текст] / Landon Oakes, Andrew Westover, Jeremy W. Mares // Scientific Reports. – 2013. - doi:10.1038/srep03020

3. Xingbin Yan Fabrication of carbon nanofiber–polyaniline composite flexible paper for supercapacitor.[Текст] /Xingbin Yan, Zhixin Tai, Jiangtao Chena,QunjiXue// Nanoscale. – 2010.

4. Carole Jacques Market for Supercapacitors to Grow 128% to $836 Million in 2018 [Электронныйресурс] / Lux Research, Inc.–Электрон. текстов.дан. – Режимдоступа: <http://www.luxresearchinc.com/news-and-events/press-releases/read/market-supercapacitors-grow-128-836-million-2018>

5. Специальные преобразователи MScTraction[Электронный ресурс] / Электрон.дан. – Режим доступа:<http://esto.pro/spetsialnye-preobrazovateli-msc-traction/>

6. Смотров, Е.А. Рекуператор электропривода лифта [Текст] / Е.А. Смотров, В.В. Субботин // Электротехнические и компьютерные системы. – 2014. - №16. – С. 16-25.

7. Браславский, И.Я. Использование емкостных накопителей энергии для улучшения характеристик электропривода [Электронный ресурс] / И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, А.В. Костылев, Ю.В. Плотников. – Электрон.дан. – Режим доступа: <https://prezi.com/gdny1gcwkmty/presentation/#share_embed>

8. Лысенко О.А. Режимы энергосбережения установок центробежных насосов с асинхронными двигателями [Текст] / О.А. Лысенко // Известия Томского политехнического университета. – 2014. - №4. – С.133-141.