

С.Г. ЛОМОВ, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ", Харьков
А.А. СТЕПАНЕНКО, преподаватель-стажер, НТУ "ХПИ", Харьков

К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИОННООБМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ МОЛЕКУЛЯРНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ С ДВОЙНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЛОЕМ

Наведено опис конструкції, принцип дії, основні характеристики сучасних молекулярних конденсаторів. Показані переваги виготовлення сепаратора секції конденсатора з слою паперу в порівнянні з традиційно-використовуваними міпластом та міпором.

Приведено описание конструкции, принципа действия, основные характеристики современных молекулярных конденсаторов. Показаны преимущества выполнения сепаратора секции конденсатора из слою бумаги по сравнению с традиционно-используемыми мипластом и мипором.

Введение. В последние годы большое внимание исследователей и разработчиков нетрадиционных источников энергии привлекают накопители энергии конденсаторного типа, работающих на принципе двойного электрического слоя, который под воздействием внешнего электрического поля возникает на границе электрода и жидкого электролита. В научно-популярной литературе такие накопители энергии часто называют "суперконденсаторами". Авторы в этой статье будут называть их молекулярными конденсаторами с двойным электрическим слоем (КДС).

Цель работы – исследование возможности использования в качестве ионнообменного материала молекулярных конденсаторов слою бумаги, определение их разрядных характеристик.

Конструкция, основные характеристики КДС.

На рис. 1 представлена конструктивно простейшая элементарная ячейка (секция КДС). Ячейка состоит из диспергированных угольных электродов (например, угольных тканей, активированного угля, удельная площадь активной поверхности 500 – 5000 м²/г), пропитанных электролитом, и разделенных сепаратором. На поверхности электродов находятся токосъемные контакты А и Б, задача которых обеспечить совместно с ПРМ минимально возможное внутреннее сопротивление

ление ячейки при заряде – разряде. С торцов электроды изолируются, чтобы не было электрического контакта в обход сепаратора из-за протечки электролита.

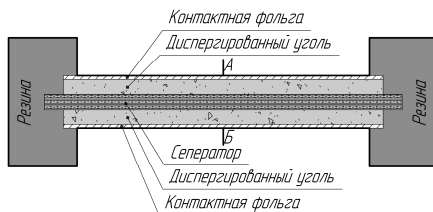


Рис. 1.

Особое внимание уделяется подбору ионнообменного материала (ИОМ) сепаратора. Сепаратор должен быть изготовлен из материала, имеющего сквозные микропоры извилистой формы, через которые могут проходить ионы, но не проходят, ни молекулы ни, что особенно важно электроны. Например, в качестве сепаратора могут использоваться пластины из мипора и мипласта, применяемого в обычных аккумуляторах. Разность потенциалов, возникающая при заряде элементарной секции КДС зависит от качества сепаратора и не превышает как правило 2 В. Важную роль в процессах накопления и сохранения заряда играют физико-химические свойства ПРМ электродов и ИОМ сепаратора, а также кислотно-основные свойства среды ионообмена.

Таблица 1

Тип КДС кДж/В-Ом	Напряжение В	Емкость Ф	Максимальный ток разряда А (*)	Удельная энергия $\frac{\text{кДж}}{\text{дм}^3}$ кДж/кг
4/14	14	40	580	1,50/0,52
16/14	14	163	1170	2,67/1,12
25/28-0,015	28	66	2330	2,70/1,14
40/28-0,015	28	97	2000	3,16/1,44
20/28-0,030	28	54	1400	2,93/1,25
35/28-0,030	28	89	1270	3,54/1,64
40/64	64	23	1880	3,30/1,54
* Характеристики даны для разряда на согласованную нагрузку при +20 °С				

В табл. 1 приведены характеристики некоторых серийно производимых в России КДС. Серийно производятся и более высоковольтные КДС со следующими параметрами: напряжение 400 В; электрическая емкость 1 Ф; масса около 10 кг; внутреннее сопротивление не более 0,015 Ом; максимальное значение силы тока в импульсном режиме до 2000 А; ток до 400 А может поддерживаться в течении 0,1 с. В качестве сепаратора в них используется бумага японского производства толщиной 20 мкм. Материал и технология производства ее авторам неизвестны.

Таблица 2

Тип НЭ	Удельная энерго-емкость Вт·ч/кг	Удельная мощность Вт/кг	Ресурс, циклы
Аккумуляторные батареи:			
свинцово-кислотные (РЬО)	35-50	250-400	500
никель-металлогидридные (Ni -MH)	70-90	200	1000
натрий/никель - хлоридные (ZEBRA)	90-100	130	1000
литий - ионные (Li-ion)	100-150	300	1200
Топливные элементы (ТЭ)	250-300	90	Срок службы 3 года
КДС	4-8	8000	>100000

В табл. 2 для сравнения даны характеристики других источников энергии, в частности аккумуляторных батарей и топливных элементов. Из таблицы видно, что по энергоемкости КДС в 7-10 раз уступают даже свинцово-кислотным аккумулятора, не говоря уже о наиболее современных литий ионных. Однако имеет ряд преимуществ в частности при использовании в системах пуска двигателей внутреннего сгорания в качестве источника пиковой мощности, для повышения надежности запуска. Это в десятки раз более высокая удельная мощность. В результате появляется возможность значительно более высокой динамики энергообмена. Принципиально появляются возможности зарядки КДС за короткие промежутки времени и использования кинетической энергии при торможении транспортного средства. Величина удельной мощности КДС практически не изменяется в диапазоне температур от +40°С до -40°С. При таком изменении температуры удельная мощность удельная мощность аккумулятора может снизиться в сотни раз. К сказанному можно добавить более высокий КПД процесса заряда-разряда, значительно более высокий ресурс (по некоторым литературным данным [3] –

до миллиона циклов полного заряда-разряда) и существенно более низкую цену КДС по сравнению с современными энергоемкими типами аккумуляторов.

Создание энергоемких КДС с высокими разрядными характеристиками во многом определяется проблемами получения технологичных в производстве и монтаже низкоомных ПРМ и ИОМ.

Результаты исследования секции КДС с сепаратором из слюдобумаги

Авторами предлагается в качестве ИОМ использовать слюдобумагу. В основе этого предложения лежат следующие соображения. Наиболее перспективное применение на наш взгляд КДС найдут в качестве буферных накопителей энергии для автомобилей с гибридными силовыми установками на базе топливных элементов. Оптимальное напряжение современных автомобильных тяговых электродвигателей, находящихся в составе таких силовых установок, лежит в пределах 200-300 В. Для высоковольтных КДС удельная энергоемкость значительно уменьшается за счет большого суммарного объема сепараторов. Нужны технологичные ИОМ, с конструктивными толщинами, измеряемые микронами.

На рис. 5 показана конструкция и размеры элементарной экспериментальной секции КДС с сепаратором, выполненным из слюдобумаги: 1 - медная фольга толщиной 0,05 мм; 2 – ткань из угольных волокон; 3 – два слоя слюдобумаги толщиной 2х0,01 мм. Чисто когезионный механизм сцепления частичек слюды по плоскостям спайности обеспечивает очень малое, сквозное извилистое сечение каналов для ионного обмена при малых конструктивных толщинах листа слюдобумаги. Были проведены сравнительные экспериментальные исследования элементарной секции с двумя видами ИОМ в качестве сепаратора: слюдобумаги и мипласта (0,2 мм). Для пропитки использовался электролит КОН. В [4] показано, что накопленную энергию и емкость элементарной секции можно определить по разрядным кривым тока и напряжения аналогично электрохимическим источникам тока.

На рис. 6 показаны разрядные кривые для двух видов сепараторов: 1, 2 – соответственно напряжение и ток разряда секции с слюдобумажным сепаратором; 3, 4 – то же для секции с мипластовым сепаратором.

Из графиков разрядных кривых элементарной секции КДС видно, что слюдобумага выполняет функцию сепаратора лучше, чем традиционно-используемые ИОМ. Накопленная при заряде энергия с слюдобумажным сепаратором существенно больше, чем с мипластовым при прочих равных условиях.

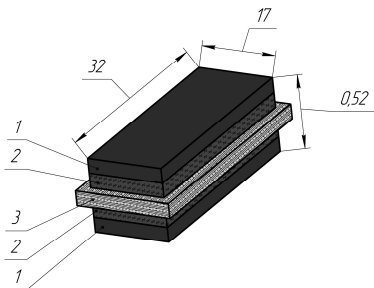


Рис. 5.

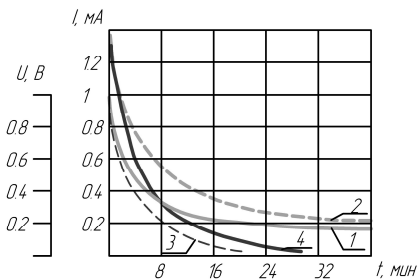


Рис. 6.

Выводы. Таким образом, показана принципиальная возможность применения слюдобумаги, как ультрамикropористого сепаратора КДС. При использовании в качестве ИОМ слюдобумаги возрастает запасенная энергия при одновременном снижении габаритов КДС по сравнению с традиционно используемыми ИОМ. Повышается физико-химическая инертность сепаратора к электролитам по сравнению с органическими ИОМ, повышается стабильность свойств КДС в различных режимах работы.

Список литературы: 1. *Канило П.М., Бей И.С., Ровенский А.И.* Автомобиль и окружающая среда. – Харьков: Прапор, – 2000. – 304 с. 2. *Яковлев А.И., Эйденов А.А.* Взгляд на перспективы развития энергетических установок автомобилей // Автостроение за рубежом. – 1998. – №10. – С. 14-18; № 11-12. – С. 10-13. 3. *Антипенко В.С.* и др. Накопители энергии на жидких электролитах. Емкость // Автомобильная промышленность. – 1999. – №6. – С. 11-13. 5. *Сурич Е.И.* Емкостные накопители энергии для систем пуска ДВС // Автомобильная промышленность. – 1999. – №5. – С. 14-16.

Поступила в редколлегию 22.12.2010