



УКРАЇНА

(19) UA (11) 66448 (13) U
(51) МПК (2011.01)
H01G 2/00
H01G 9/00
H01M 2/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) КОНДЕНСАТОР ІЗ ПОДВІЙНИМ ЕЛЕКТРИЧНИМ ШАРОМ

1

2

(21) u201105017

(22) 20.04.2011

(24) 10.01.2012

(46) 10.01.2012, Бюл.№ 1, 2012 р.

(72) КОСТЮКОВ ІВАН ОЛЕКСАНДРОВИЧ, ЛОМОВ
СЕРГІЙ ГЕОРГІЙОВИЧ, СТЕПАНЕНКО ОЛЕКСАНДР
ОЛЕКСАНДРОВИЧ

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

(57) Конденсатор із подвійним електричним шаром, що містить два розділених сепаратором еле-

ктрода із активованих вугільних волокон, що знаходяться в електроліті, який **відрізняється** тим, що сепаратор виконаний із слюдяного паперу на основі щипаної слюди, а в технологічні проміжки між нитями вугільної тканини, із якої виконані електроди, введений мілкий дисперсний порошок, зерна якого складаються із суміші нафтового і пеккового коксу, чистого графіту і сажі із з'єднуючими і пластифікуючими домішками.

Корисна модель може використовуватись у приладобудуванні, на електротранспорті, автомобілебудуванні, енергетиці, як джерело постійного струму багаторазового використання.

Класичний конденсатор із подвійним електричним шаром (у подальшому - конденсатор) описаний в [1]. Конденсатор складається із позитивного і негативного електродів, струмопровідних колекторів, сепаратора, що знаходиться між двома електродами, і ізолюючих оправок, які виключають протікання струму в обхід сепаратора. Електроди виготовлені шляхом пресування активованого вугільного порошку. Пористі електроди і сепаратор просочені електролітом.

Недоліками конденсатора виготовленого за цією технологією являються:

- великий внутрішній омичний опір, що являється наслідком малої площини доторкання на границях вугільних зерен;

- значна величина зовнішнього тиску на електроди при виготовленні конденсатора для зменшення внутрішнього омичного опору, що обмежує використання конденсаторів великої ємності.

Зменшенню величини внутрішнього омичного опору конденсатора присвячено досить багато праць. Так, наприклад, в [2] запропонована конструкція електродів, виготовлених із активованого вугільного порошку із зернами різного діаметру. На першому етапі електроди формуються за допомогою тиску величиною від 5 до 80 МПа із подаль-

шим ущільненням електродів за допомогою імпульсного струму. На другому етапі спресовані електроди нагріваються постійним струмом до температури 1000 °С для створення кристалічних перемичок між вугільними зернами. Такий підхід при виготовленні електродів дозволяє зменшити зовнішній тиск в готовому конденсаторі до 1 МПа без збільшення величини внутрішнього омичного опору.

Недоліком такої конструкції конденсатора являється низька механічна міцність електродів, що не дозволяє виготовляти конденсатори великої ємності. В [3] запропонований спосіб усунення цього недоліку за рахунок створення багатокомірчастого електрода на основі спечених пігулок електродів.

Інший шлях зменшення величини внутрішнього омичного опору запропонований в [4]. Електроди виготовляються із суміші активованого вугільного порошку чи мілко нарізаного активованого вугільного волокна із струмопровідними домішками, нанесеного на металеву фольгу за допомогою органічної домішки. Металева фольга служить струмопровідним колектором. Оптимальні товщини вугільного шару - 100 мкм, а металевої фольги - 20 мкм. Між електродами знаходиться сепаратор. Електроди звертаються в рулон і знаходяться в корпусі. Корпус герметизується резинового прокладкою. Зменшення внутрішнього омичного опору досягається за рахунок збільшення площі контакту

UA (19) 66448 (11) U (13)

активованих вугільних зерен з металевою фольгою і струмопровідними домішками.

До недоліків такої конструкції можна віднести:

- циліндричну конструкцію, що не дозволяє отримати високі значення питомої ємності при збільшенні робочої напруги шляхом створення конденсаторних батарей;

- неможливість використання додаткового зовнішнього тиску для збільшення питомої потужності конденсатора;

- низьку робочу напругу конденсатора.

За прототип прийнята конструкція конденсатора що описана в [5]. Для зменшення внутрішнього омичного опору конденсатора пропонується використовувати вугільні волокна діаметром 4÷12 мкм, що технологічно виготовлені у вигляді ниток чи тканини. Шар волокон (ниток, тканини) товщиною від 50 до 400 мкм контактує з металевою фольгою товщиною 20÷400 мкм, яка слугує струмовим колектором. Таким чином виконуються електроди. Між електродами знаходиться сепаратор. Місця контактів вугільних волокон із металевою фольгою можуть бути металізовані.

Зовнішній тиск в запропонованій конструкції конденсатора може лежати в діапазоні від 0,05 до 5 МПа в залежності від необхідної величини внутрішнього омичного опору. Таким чином зменшення величини внутрішнього омичного опору в запропонованій конструкції конденсатора забезпечується:

- високою електричною провідністю вздовж осі вугільних волокон;

- металізацією точок гальванічного контакту вугільних волокон з металевою фольгою, що виконує роль колектора;

- паралельним електричним з'єднанням колекторів спільного знаку;

- можливістю зовнішнього здавлювання плоскопаралельної конструкції пакета електродів великою площею колекторів і малою відстанню між колекторами різного знаку що дозволяє нехтувати опором електроліту.

В описаних конструкціях конденсаторів не аналізується і не приймається за відрізняльну ознаку матеріал та конструкція сепаратора. В літературі, присвяченій теорії і конструктивному виконанню конденсаторів із подвійним електричним шаром практично відсутнє описання впливу матеріалу і конструкції сепаратора на параметри конденсатора. В [6, 7] виражено думку по цьому питанню, що полягає в тому, що в конденсаторі сепаратор грає ту ж саму роль, що і в акумуляторі. Прийнято вважати, що в конденсаторах доцільно використовувати сепаратори з того ж самого матеріалу, що і в сучасних акумуляторах.

Матеріал і конструкція сепараторів розглядаються в деяких патентах присвячених удосконаленню акумуляторів.

Найбільш сучасними являються сепаратори на основі поліетилену і кремнезему. Кремнезем, введений в поліетилен на стадії пластифікації, і потім видалений, дозволяє отримати пористий поліетилен, і тим самим забезпечити електрохімічне перенесення іонів. Як приклад можна привести сепаратор UHMWPE із поліетилену, що має надвисоку молекулярну вагу. Видалення із поліе-

тилену кремнезему і технологічного мастила створює в сепараторі UHMWPE пористу плівку із середнім діаметром пор 27÷28 нм.

Також для акумуляторів пропонуються і інші матеріали і конструкції сепараторів. Так в [8] пропонується сепаратор, виготовлений із шару скляного волокна, що має в своєму складі порошок аеросилу (SiO₂) із розміром зерен 1÷4 мкм.

В різних джерелах інформації також розглядаються сепаратори на основі азбестових волокон, різних типів синтетичних волокон і паперу різного типу.

В основу запропонованої корисної моделі поставлена задача збільшити величину питомої енергії, що запасується в активній частині конденсаторів із подвійним електричним шаром.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому конденсаторі із подвійним електричним шаром сепаратор виконаний із слюдяного паперу, що має за основу щипану слюду, а в технологічні проміжки між нитями вугільної тканини, із якої виконані електроди, введений мілкий дисперсний порошок, зерна якого складаються із суміші нафтового і пекового коксу, чистого графіту і сажі із з'єднуючими і пластифікуючими домішками.

В описаному прототипі [5] внутрішній омичний опір електродів зменшується за рахунок того, що опір вугільних волокон вздовж їхніх осей менше ніж опір шару вугільних зерен, через малу площу контакту сусідніх зерен.

В запропонованій корисній моделі конденсатора для зменшення величини внутрішнього омичного опору і збільшення величини питомої ємності електроди виконуються із активованих вугільних волокон, технологічно виконаних у вигляді тканини із заповненням технологічних пустот між нитками тканини мілким дисперсним вугільним порошком. Зерна цього порошку складаються із суміші нафтового і пекового коксу, чистого графіту і сажі із з'єднуючими і пластифікуючими домішками. Розмір цих зерен повинен бути на порядок менший середніх розмірів пустот між нитками вугільної тканини. Кількість вугільного порошку між нитками вугільної тканини повинна бути такою, щоб геометричні об'єми електродів на основі вугільної тканини із порошком і без нього були майже однаковими. При цій конструкції електрода його внутрішній омичний опір в цілому зменшується не лише за рахунок зменшення опору вздовж вісі вугільних волокон, але і за рахунок зменшення опору в перпендикулярному по відношенню до осі волокон напрямі за рахунок збільшення точок доторкання із поверхнею металевої фольги. Крім цього, така конструкція електродів зменшує вимоги до величини зовнішнього тиску і дозволяє оптимізувати величину ємності конденсатора.

Для збільшення питомої енергії, що накопичується в активному об'ємі конденсатора, сепаратор виконується із слюдяного паперу на основі щипаної слюди марок СМЩ чи СФЩ, границі товщини 3 чи 4, із площею окремих пластинок не менше 2 см². Загальна товщина сепаратора 70÷75 мкм. Пластинки щипаної слюди мають по поверхні спайності дуже високу паралельність і чистоту цих поверхонь, внаслідок чого ці пластинки з'єднують-

ся між собою в листі слюдяного паперу за рахунок сил молекулярної взаємодії, створюючи при цьому пори дуже малих розмірів, що проходять наскрізь через сепаратор. При цьому оптимізується іонний обмін в циклі заряду і розряду конденсатора, і як результат, збільшується питома енергоємність конденсатора.

Суть корисної моделі пояснюється наступними фігурами: на фіг. 1 показана запропонована конструкція низьковольтної елементарної секції конденсатора із подвійним електричним шаром, на фіг. 2 показана конструкція високовольтної елементарної секції конденсатора, на фіг. 3 зображена залежність енергії заряду для експериментальних комірок конденсатора в режимі повільного заряду, на фіг. 4 представлені аналогічні залежності для режиму швидкого заряду. Запропоновані конструкції низьковольтної (фіг. 1) та високовольтної (фіг. 2) елементарних секцій конденсатора із подвійним електричним шаром складається із симетричних електродів 1, виконаних на основі вугільної тканини із заповненням технологічних проміжків мілким дисперсним вугільним порошком, сепараторів 2, виконаних із слюдяного паперу, на основі щипаної слюди, нікелевої чи алюмінієвої фольги 3, товщиною 20÷50 мкм, що виконує роль струмового колектора, електроліту 4, що введений в активний об'єм конденсатора (електроди та сепаратори) і представляє собою розчин КОН, а також діелектричний корпус 5, що виконаний із епоксидного компаунду, та виключає зв'язок між колекторами в обхід сепаратора.

Конденсатор працює таким чином: при подачі різниці потенціалів на електроди 1, на межі між ними та електролітом 4 утворюється подвійний електричний шар, в якому концентруються електричні заряди. При цьому сепаратор 2, повинен одночасно забезпечувати процеси іонообміну та запобігати електричному контакту між двома електродними. Знімання струму забезпечується за допомогою струмових колекторів 3.

Для проведення досліджень, що підтверджують наявність позитивного ефекту при розв'язанні поставленої задачі було виготовлено за конструктивною схемою на фіг. 1 кілька десятків експериментальних комірок конденсатора. Для всіх комірок використовувався однаковий електроліт - водний розчин 6М КОН.

Електроди у експериментальних комірках були виготовлені із вугільної тканини із розмірами 50×19×0,44 мм на основі активованих вугільних волокон.

Для всіх експериментальних комірок конденсатора, як струмовий колектор використовувалась мідна фольга товщиною 50 мкм.

Експериментальні дослідження включали в себе зняття зарядних і розрядних залежностей для всіх виготовлених елементарних комірок конденсатора в режимі повільного і швидкого зарядів. В режимі повільного заряду всі досліджувані еле-

ментарні комірки заряджались від стабілізованого джерела постійної напруги через резистор із опором 190 Ом і знімалися залежності зарядних і розрядних струмів і напруг при різних величинах зарядної напруги, що створюється зарядним пристроєм і часом заряду. Розряд комірок як в режимі повільного так і в режимі швидкого заряду відбувався через резистор із опором 1390 Ом. Напруга заряду складала 0,4 В; 0,6 В; 0,8 В; 1 В; 1,2 В. Час заряду 1,5, 10, 30, 60, 120 хвилин. Швидкий заряд проводився через власний внутрішній опір комірок без додаткового резистора в ланцюгу заряду. Зарядний пристрій може бути умовно прийнято за пристрій безкінечно великої потужності, як для повільного так і для швидкого режиму заряду.

На фіг. 3 представлені залежності енергії заряду для експериментальних комірок конденсатора з різними сепараторами і з однаковими електродними із вугільної тканини в режимі повільного заряду для часу заряду 1 і 120 хвилин (час розрядження - 60 хвилин) при величині зарядної напруги 1 В, при цьому сепаратори були виготовлені із наступних матеріалів:

Крива 1 - слюдяний папір товщиною 72 мкм.

Крива 2 - азбестовий папір товщиною 0,3 мм.

Крива 3 - міпласт товщиною 0,24 мм.

На фіг. 4 представлені аналогічні залежності для режиму швидкого заряду.

За одиницю питомої енергії $W_{\text{пит}}$, яка запасється, прийнята величина енергії в комірці суперконденсатора із сепаратором із слюдяного паперу, що запасється в режимі повільного заряду протягом 30 хвилин.

Проведені експериментальні дослідження свідчать, що використання запропонованої конструкції сепаратора дозволяє збільшити питому енергію конденсатора із подвійним електричним шаром у порівнянні з іншими відомими конструкціями сепараторів при інших рівних умовах (електроди та електроліт).

Таким чином, запропонована модель в цілому являється ефективною і може бути використана при створенні конденсаторів із подвійним електричним шаром і збільшеною величиною питомої електричної енергії для використання у вказаних вище галузях техніки.

Джерела інформації:

1. Патент США № 5136472, опубл. 1992.

2. Патент США № 5136473, опубл. 1992.

3. Патент США № 5103379, опубл. 1992.

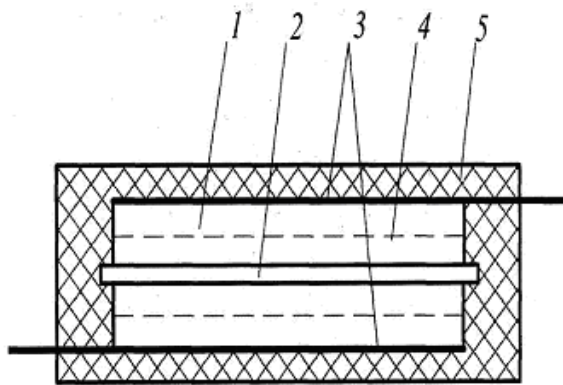
4. Патент США № 5150283, опубл. 1992.

5. Патент України № 27477, опубл. 2000.

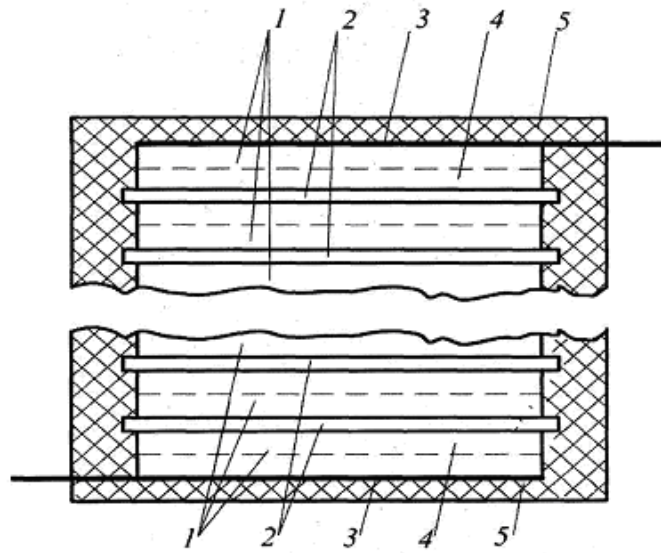
6. В.С. Антипенко, Я.И. Илюшин. Автомобильные накопители энергии., "Радио", №9, 1994.

7. В.С. Антипенко и др. Накопители энергии на жидких электролитах. Емкость. "Автомобильная промышленность", № 9, 1999.

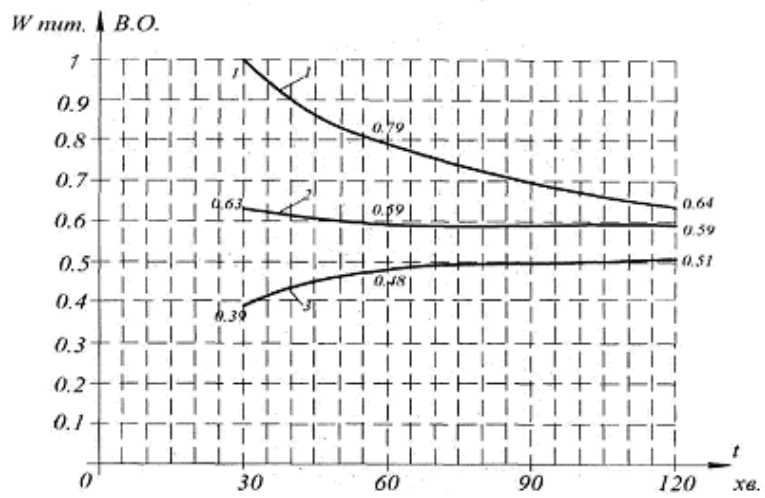
8. Патент України № 80475, опубл. 2007.



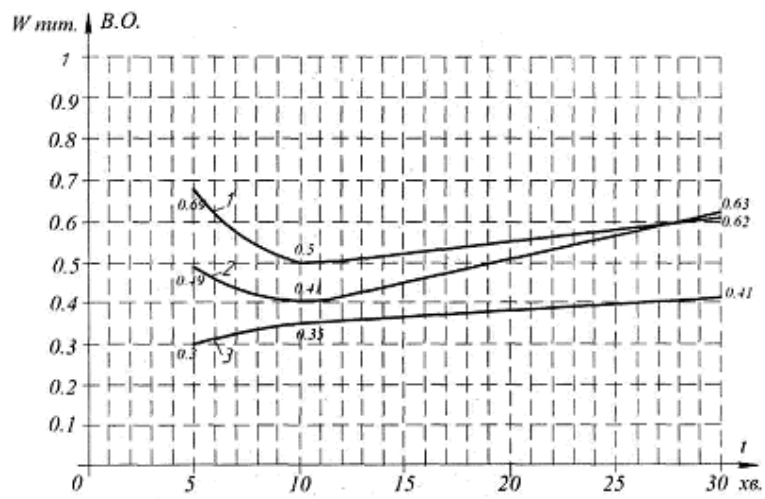
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4