

СТВОРЕННЯ ПОРТАТИВНОГО ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ АКУМУЛЯТОРІВ І СУПЕРКОНДЕНСАТОРІВ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОГО ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ

Хижняк М.С., здобувач освіти 9 класу

Кам'янець-Подільської гімназії №1 Кам'янець-Подільської міської ради Хмельницької області

Вступ. Традиційно проблему раціонального використання енергії вирішують за допомогою перезаряджуваних джерел живлення. До найбільш поширених перезаряджуваних джерел живлення відносяться акумулятори. Проте використання акумуляторів у багатьох сферах є нераціональним або взагалі неможливим. До таких сфер, в першу чергу, відносяться високопотужні імпульсні системи. Інженерне вирішення цієї проблеми пов'язане з використанням суперконденсаторів (СК).

СК – перезаряджувані джерела живлення, які за своїми питомими параметрами займають проміжне місце між акумуляторами та конденсаторами. Вони можуть накопичувати значну кількість електричної енергії, а в разі необхідності віддавати її на зовнішнє навантаження у вигляді імпульсів тривалістю до декількох секунд з питомою потужністю в кілька кіловат на кілограм [1]. Крім того, значення ефективності передачі енергії становить щонайменше 90 %.

Мета роботи полягає у створенні та апробації портативного джерела енергії на основі акумуляторів і суперконденсаторів, що дозволяє як дослідити процеси, що протікають в даній системі, так і проводити оптимізацію існуючих конструкцій, що розробляються.

Матеріали та результати досліджень. Важливим параметром, що впливає на електричні характеристики суперконденсатора, є гранулометричний склад пористого вуглецевого матеріалу, з якого складається вуглецева складова електродів [2].

Вуглецевмісна складова електродів виготовлялася з суміші, в яку входять:

- ✓ активований вуглецевий матеріал (березове активоване вугілля БАУ, 78 мас.%);
- ✓ струмопровідний графіт (щітки електродвигунів, 15 мас.%);
- ✓ зв'язуюче (полівінілацетат (ПВА), 7 мас.%).

Всі перераховані компоненти поміщалися в 20 % розчин етилового спирту (96 %) та дистильованої води і ретельно перемішувалися. Потім отриману суспензію переносили в агатову ступку і ретельно розтирали до тістоподібного стану. На останній стадії методом вальцювання виготовляли вуглецевмісні складові електродів.

В якості робочого електрода використовували Al фольгу марки А97 товщиною 40 мкм та Al пластину для сублімації товщиною 250 мкм. Площа робочої поверхні яких становила 500 см^2 (2 шт.) та 28 см^2 (8 шт.).

Для створення електроліту використовували сульфат натрію (Na_2SO_4). Оптимальну концентрацію для суперконденсаторів ми дослідили при 0,5 М

(молярність) розчину. Це забезпечило високу провідність та стабільність і не спричинило корозію електродів.

Розрахунок пропорцій 0,5 М розчину було здійснено за формулою:

$$m = C \cdot V \cdot M \quad (1)$$

де m – шукана маса солі (Na_2SO_4) (г); $C = 0,5$ (моль/л); V – об'єм дистильованої води (л); M – молярна маса (Na_2SO_4) (г/моль).

Для приготування 1 літра розчину використали 71 г сульфат натрію (Na_2SO_4).

В якості сепаратора використовували крафтовий папір щільністю 50 г/м². Даний папір виготовляють із довговолокнистої целюлози методом сульфатного варіння. Незалежно від щільності він відрізняється міцністю та стійкістю до температури.

Визначення внутрішнього опору суперконденсатора (рис. 1) є важливим для оцінки його ефективності. У роботі



Рисунок 1 – Модель СК

використали метод розряду через опір. Зарядивши суперконденсатор до напруги 1,8 В і підключивши резистор з опором 100 Ом як навантаження.

Вимірювання падіння напруги на суперконденсаторі в момент підключення було здійснено за допомогою вольтметрів [3]. Отримані дані обчислили за формулою 2.

$$R_{\text{ESR}} = \frac{\Delta U}{I} = \frac{\Delta U \cdot R_{\text{наван.}}}{U_0} \quad (2)$$

де ΔU – падіння напруги (В); $I = \frac{U_0}{R_{\text{наван.}}}$ (А); $R_{\text{наван.}} = 100$ Ом.

Визначення ємності суперконденсатора ґрунтується на вимірюванні заряду, відданого суперконденсатором під час розряджання. Щоб визначити заряд, треба знайти залежність сили струму в процесі розряджання від часу.

При розрядці суперконденсатора через резистор напруга на ньому спадає за експоненційним законом (рис. 2). Основне рівняння для цього процесу виглядає так:

$$U(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad (3)$$

де $U(t)$ – напруга на суперконденсаторі в момент часу t , (В); U_0 – початкова напруга суперконденсатора, ($\approx 1,8$ В); R – опір резистора (30 Ом); C – електроємність суперконденсатора, (Ф); t – час, (с) [4].

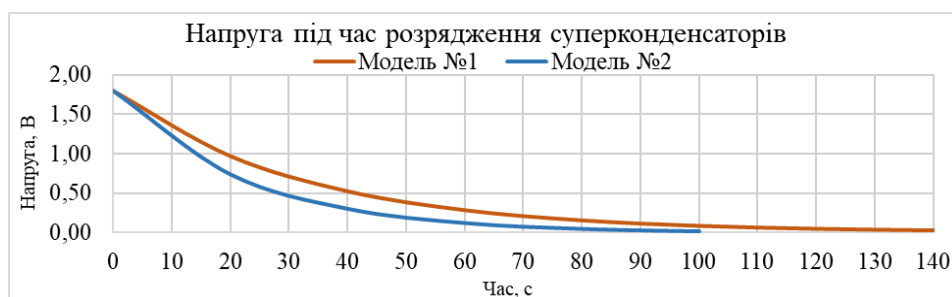


Рисунок 2 – Графік розрядження суперконденсаторів (напруга)

Для визначення електроємності C з формули 3 будемо мати:

$$C = \frac{t}{R \cdot \ln\left(\frac{U_0}{U_t}\right)} \quad (4)$$

Результати експериментальних досліджень приведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати експериментальних досліджень

SC	Внутрішній опір R_{ESR} , Ом	Ємність C , Ф	Питома потужність P , Вт/кг	Питома енергія E , Дж/кг	Коефіцієнт корисної дії η , %
Модель №1	12,2	1,076	1,28	33,52	54
Модель №2	27,2	0,752	0,35	14,54	49

Висновки. Дослідження (рис. 3) підтвердили перспективність створення СК як енергоефективних пристроїв для накопичення енергії. Розроблені суперконденсатори демонструють хороші характеристики з точки зору швидкості зарядки та довговічності, що робить їх ефективними для застосувань у системах з короткотривалими енергетичними циклами. Подальші дослідження мають бути спрямовані на підвищення питомої енергії, зменшення втрат та вдосконалення матеріалів для підвищення його робочих параметрів.

Розробка портативного джерела енергії (рис. 4) на основі акумуляторів та суперконденсаторів показала, що гібридні системи є перспективними рішеннями для завдань, які потребують високої енергетичної ефективності, довговічності та швидкого відгуку на пікові навантаження. Впровадження таких систем у побут, промисловість та транспорт дозволить забезпечити стабільну роботу пристроїв, знизити енергетичні втрати та продовжити термін служби елементів живлення.



Рисунок 3 – Відео досліджень



Рисунок 4 – Вид зверху, збоку та спереду портативного джерела

Перелік посилань

1. Conway B. E. Electrochemical supercapacitors: scientific fundamentals and technological applications. – Kluwer Academic Publishers. – 1999. – 698 p.
2. Ізотов В. Ю., Громадський Д. Г. Оптимізація поляризаційної складової електродів для суперконденсаторів // Наукові Вісті Національного технічного університету України «КПІ». – 2010. – № 3 (13). – С. 73–77.
3. International Standart. Electric-double layer capacitors for use in hybrid electric vehicles. // IEC 62576. – 2009. – P. 11–12.
4. Саблін О. І. Проблеми та перспективи ефективного використання рекуперації електроенергії в системі електротранспорту / О. І. Саблін, В. Г. Кузнецов, В. В. Артемчук // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2013. – № 2. – С. 126–130.