XII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2007. március 16–17.

ULTRAKAPACITÁSOK TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA; MÉRT ÉS SZIMULÁCIÓS EREDMÉNYEK

Balázs Gergely György, Szentmiklóssy Balázs, Kerekes Sándor

Abstract

Ultracapacitor is a new, special electrical energy storage device, also known as supercapacitor, or double layer capacitor. Due to a new technology used in the ultracap, its capacitance reaches several thousand farads. In addition ultracapacitors offer high power density, extremely high cycle life, very low internal resistance, and low charge/discharge time; compared with the rechargeable batteries. On the other hand, these possess low energy density, and self discharge. These features allow using the ultracapacitor in long term, and direct current applications, for example in electric drives, but limited by the negatives.

The features of the ultracapacitor are mentioned, then the measurement method and the results are presented, finally the simulation is shown in this paper.

Összefoglalás

Az ultrakapacitás egy új, speciális energiatároló egység, melynek kapacitása elérheti a több ezer farados értéket, köszönhetően az alkalmazott új technológiának. Ráadásul az ultrakapacitás –összehasonlítva az akkumulátorokkal– igen magas teljesítménysűrűséggel, magas ciklusszámmal, nagyon alacsony belső ellenállással, és rövid töltés/kisütési idővel rendelkezik. Mindezek ellenére alacsony az energiatároló képessége. Az ultrakapacitás tulajdonságai lehetővé teszik ezen energiatároló egység alkalmazását hosszú idejű, egyenáramú rendszerekben; melynek a negatív tulajdonságai szabnak határt.

A dolgozatban először az ultrakapacitás tulajdonságait mutatjuk be, majd a mérések menetét és a mért értékeket, végül a szimulációs eredmények kerülnek tárgyalásra.

1. Bevezetés

Az ultrakapacitás egy új technológiával előállított elektromos energia tároló egység. Kapacitása elérheti a 8000F-os értéket is, míg egy cella feszültsége maximum 3V. Gyorsabb töltést/kisütést lehet elérni az ultrakapacitásokkal, illetve átlagosan tízszer nagyobb teljesítménysűrűséggel (W/kg) rendelkeznek, mint a széles körben primer energiatároló egységként alkalmazott akkumulátor. A hagyományos kondenzátoroknál jóval több energia tárolására alkalmas, energiasűrűsége (Wh/kg) akár 100-szor nagyobb is lehet. A felsorolt tulajdonságai miatt az ultrakapacitás azt a szakadékot kívánja áthidalni, ami a fajlagos teljesítmény, és az energiatároló képesség szerint alakult ki a hagyományos kondenzátorok, és az akkumulátorok között (1. táblázat).

Tulajdonságok	Ólom-sav	Ultra-	"Hagyományos"
	akkumulátor	kapacitás	kondenzátor
Töltési idő	1 - 5 óra	0 - 30 sec	$10^{-3} - 10^{-6}$ sec
Kisütési idő	0.3 - 3 óra	0.3 - 30 sec	$10^{-3} - 10^{-6}$ sec
Fajlagos energia (Wh/kg)	10 - 100	1 - 10	0.1
Ciklusszám	1000	>500 000	>500 000
Fajlagos teljesítmény (W/kg)	<1000	<10 000	<100 000
Töltés/kisütés hatásfok	0.7 - 0.85	0.85 - 0.98	>0.95

1. táblázat. Az ultrakapacitás elhelyezkedése az elektromos energia tároló egységek között

Az ultrakapacitások az alkalmazások nagy részében nem elsődleges energiatároló egységek, hanem akkumulátorok, napelemek, tüzelőanyagcellák mellett elhelyezkedő másodlagos energiatárolók; az így kapott kombinált rendszer tulajdonságai jelentősen feljavulnak, mint például a hatásfok, élettartam, vagy az energiatároló képesség.

A vizsgálataink elsősorban arra irányultak, hogy az ultrakapacitást milyen módon lehet alkalmazni primer energiatároló egységként. Így először a tulajdonságaival kellett megismerkedni, majd méréseket végeztünk, végül a kisütést szimuláltuk. A dolgozatban munkánk egy része kerül röviden bemutatásra.

2. Ultrakapacitás tulajdonságai

Röviden azokat a tulajdonságokat mutatjuk be, amelyek elősegítik, vagy gátolják az ultrakapacitások alkalmazását villamos rendszerekben primer energiatároló egységként (zárójelben az általunk vizsgált EPCOS ultrakapacitás katalógusértékei láthatók): kis soros belső ellenállás ($300\mu\Omega$), nagy teljesítménysűrűség ($2,9\text{kW/kg}$), magas ciklusszám (500000), alacsony energiasűrűség ($3,6\text{Wh/kg}$), nagy áramú és gyors töltése/kisütése lehetséges, kis önkisülés [1].

3. Ultrakapacitás mérések

Az ultrakapacitás tulajdonságainak minél közelebből való megismerése érdekében méréseket végeztünk, amellyel különböző paramétereit vizsgáltuk. A méréseket 12 db EPCOS típusú, egyenként 3600F-os, 2,5V cellafeszültségű sorba kötött modulon végeztük. Méréseink során többször feltöltöttük, majd kisütöttük a kondenzátorokat, közben az áram- és feszültségértékeket vizsgáltuk. A feltöltés során nem alkalmaztunk kiegyenlítő láncot, de így is jól látható az egyes kondenzátorok

feszültségének együtt futása, a legnagyobb különbség is 0,17V. A vizsgált EPCOS modult egy év alatt pár ezerszer töltöttük fel és süttöttük ki, ezek után sem változtak jelentősen a kondenzátorok paraméterei. (1. ábra).

1. ábra. 12 kondenzátorból álló ultrakapacitás modul feszültsége két töltés/kisütés periódus alatt

4. Szimuláció

A szakirodalomban több ultrakapacitás helyettesítő kapcsolás található. A kisütés szimulációjának elvégzésére a Maxwell Technologies cég által ajánlott 3 időállandóval rendelkező helyettesítő képet [2] vettük alapul, amelyet PSpice szimulációs programba vittünk be, a kisütést modellező helyettesítő kapcsolással együtt. A mért értékektől való eltérése miatt az egyes paraméterek megváltoztatásával jutottunk az általunk használt „javított (3 időállandós)” modellhez, amely a mérésben felhasznált EPCOS kapacitásokból álló modulra érvényes.

2. ábra. A felhasznált 3 időállandós ultrakapacitás modell; a mért és a szimulációs eredmények összehasonlítása

5. Következtetések / Összefoglaló

A cikkben az ultrakapacitás primer energiatárolóként való alkalmazhatóságát vizsgáltuk, tulajdonságainak bemutatásával, mérések elvégzésével, illetve szimulációval. Kiderült, hogy kiegyenlítő lánc alkalmazása nélkül, pár ezer ciklus után is együtt mozognak a modulban lévő ultrakapacitások feszültség értékei. Vizsgálatainkhoz olyan modellt kellett alkotni, amellyel a rendszert minél pontosabban tudjuk szimulálni. Újabb feladatot jelent a későbbiek során a szimulációt az egész ciklusra, illetve más alkalmazásokra elvégezni.

Irodalom

- [1] S.Kerekes, B.Szentmiklóssy: „*Ultrakapacitású kondenzátorok gyors karrierje az energiatárolás területén*” Elektrotechnika, pp.3-5, Nov. 2006
- [2] J.M.Miller, J-N-J Miller, P.J.McCleer, M.Cohen: „*Ultracapacitors as Energy Buffers in a Multiple Zone electrical Distribution System*” www.maxwell.com.
- [3] S. Buller, E. Karden, D. Kok, R.W. De Doncker: „*Modelling the Dynamic Behaviour of Supercapacitor Using Impedance Spectroscopy*” IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 38, pp.1622-1626, 2002.

Balázs Gergely György, M.Sc. hallgató

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamosmérnöki kar,
Villamos Energetika Tanszék
Telefon: +36-20-3225145
E-mail: ggbalazs@gmail.com

Szentmiklóssy Balázs, Ph.D. hallgató

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamosmérnöki kar,
Villamos Energetika Tanszék
Telefon: +36-70-3385036
E-mail: stbalazs@freemail.hu

Kerekes Sándor, egyetemi adjunktus

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamosmérnöki kar,
Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék
Telefon: +36-1-4632854
E-mail: kerekes@elektro.get.bme.hu