

# Superkondenzátor - princip, použití

Pavel Dědourek

15. května 2007

## 1 Předmluva

Superkondenzátor (supercapacitor, ultracapacitor, Electric Double Layer Capacitor) je zařízení schopné rychle akumulovat a následně odevzdat velké množství elektrické energie. Při opakované nabíjení a vybíjení vysokými proudy netrpí negativními vlastnostmi jako je zahřívání či snižování životnosti. Může pracovat za nízkých provozních teplot a nedochází u něj k paměťovému efektu.

Hlavní využití je v automobilovém průmyslu (hybridní automobily i plně elektrické), nebo k zálohování menších elektrotechnických zařízení.

Superkondenzátor spatřil světlo světa roku 1957. Vyrobita ho firma "General Electric". Tvořily ho dvě pórovité uhlíkové vrstvy. V té době se domnívali, že energie je ukryta v pórech, který způsobují tak vysokou kapacitu. Roku 1966 si nechala firma "Standard Oil Company" toto zařízení patentovat.

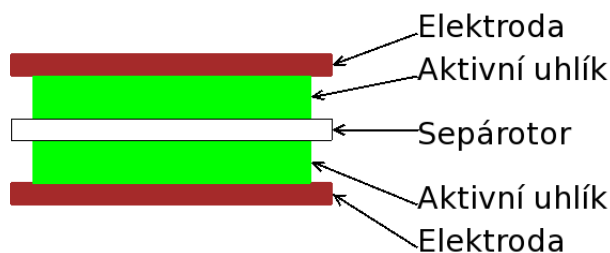
První exemplář sloužil k napájení mikrozesilovače. Na jedno nabití kondenzátoru zesilovač pracoval přes 2 hodiny. To sloužilo k demonstraci velmi rychlého nabití (rychlejšího než s běžnými bateriemi) a následovného dlouhodobého provozu. Superkondenzátor umožňuje cyklus nabíjení a vybíjení nespočetněkrát opakovat (milion a vícekrát).

## 2 Technologie

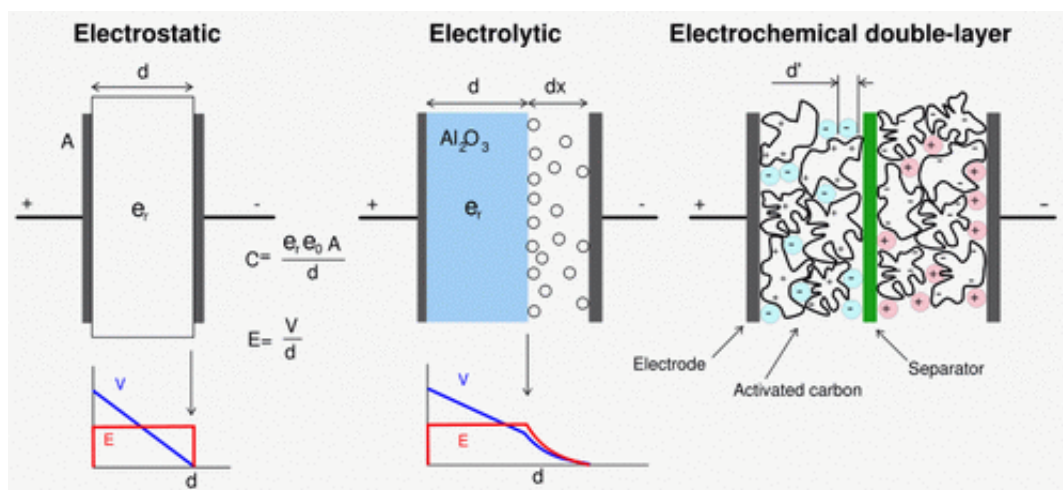
Typická struktura superkondenzátoru (obr. 1) je tvořena z těchto částí: kladná a záporná elektroda z hliníkové fólie, dvě vrstvy aktivního uhlíku a mezi nimi separátor.

V nenabitém stavu jsou částice s nenulovým nábojem (ionty) rovnoměrně rozloženy ve vodivé tekutině, tekutém nebo gelovém elektrolytu, který se nachází mezi elektrodami. Po přiložení napětí na elektrody se začnou záporné ionty pohybovat ke kladné elektrodě a naopak kladné ionty k záporné elektrodě. Na obou elektrodách se tak vytvoří dvouvrstva se zrcadlovým rozložením elektrického náboje. Použitelné napětí je omezeno hodnotou disociačního napětí. Průrazné napětí elektrické dvouvrstvy je velmi nízké a tak typické provozní napětí superkondenzátorové buňky obvykle nepřesahuje 2,3V.

Vhodným materiálem pro aktivní elektrody (vnitřní strana hliníkových vnějších kontaktních elektrod) superkondenzátoru je aktivní uhlík. Důvodem je velká dosažitelná plocha



Obrázek 1: Základní struktura superkondenzátoru



Obrázek 2: Porovnání struktur elektrostatického kondenzátoru, elektrolytického kondenzátoru a superkondenzátoru

skutečného povrchu (vysoká poréznost), chemická netečnost, elektrická vodivost a relativně nízká cena. Lze dosáhnout povrchu elektrod až 2000 m<sup>2</sup>/g, což při extrémně malé tloušťce dvouvrstvy (do 10 nm) znamená kapacitu řádově tisíců Farad ve velmi malém objemu. Současně také zaručuje velmi nízký odpor přívodních elektrod. Tato vlastnost zaručuje vysokou rychlost nabíjecího a vybíjecího procesu a nízké ohmické ztráty při provozu. Například superkondenzátor s parametry 600 F / 2,3 V má rozměry 4 x 6 x 9 cm a váží pouze 290 g. Jeho měrný výkon (vztažený k objemu i hmotnosti) je tak v porovnání s elektrolytickým kondenzátorem přibližně 100 x vyšší.

Vrstvy aktivního uhlíku mohou být vytvořeny z následujících materiálů:

1. uhlíkový aerogel (Carbon aerogel) - aerogel je unikátní pevný materiál s nízkou hustotou vzniklý z normálního gelu nahradou kapalně složky vzduchem. Uhlíkový aerogel poskytuje extrémně velkou povrchovou plochu kolo 400-1000 m<sup>2</sup>/g. Malé superkondenzátory s aerogelem jsou vhodné jakou zálohovací baterie v nízkopříkonové mikroelektronice.

2. uhlíkové polymery - polymery se vyznačují redukční-oxidační paměťovým mechanismem (reduction-oxidation storage mechanism) společně s velkou povrchovou oblastí.
3. uhlíkové nanotrubic - jsou hlavní budoucností superkondenzátorů. Uhlíkové nanotrubic mají výbornou pórovitost s póry o velikosti několika nm. Navíc poskytují miniaturní prostory uvnitř trubic, které fungují jako dielektrikum.

V současných moderních superkondenzátorech z aerogelu jsou elektrody obvykle vyrobeny z netkaného papíru vyrobeného z uhlíkových vláken a pokrytý aerogelem pod nimiž dochází k pyrolýze. Papír je kompozitní materiál, kde uhlíková vlákna poskytují strukturální integritu a aerogel poskytuje požadovaný velký povrch. Kapacita takového superkondenzátoru může být až 3000F.

### 3 Použití v průmyslu

Mezi první využití superkondenzátorů patří napájení robotů. Poté v roce 2005 byl využit pro napájení nouzového systému dveří v dopravním letadle Airbus 380 jumbo jet. V následujícím roce Joel Schindall a jeho tým začal pracovat na "super battery" využívající nanotrubic. Tým doufá, že prototyp bude vyvinut řádově v měsících a na trhu dostupný v během pěti let.

Superkondenzátory již našli uplatnění v městské dopravě. Dvě Shaghajské autobusové linky využívají těchto kondenzátorů k napájení pohonu. Na každé zastávce se autobus rychle dobije a může pokračovat ve své cestě dál.

Mezi výhody superkondenzátoru patří velmi nízká hodnota vnitřního odporu, vysoká účinnost, vysoký výstupní výkon, velmi nízká hodnota zahřívání a zvýšená bezpečnost.

#### Výhody :

- možnost velmi častého nabíjení a vybití
- vysoká životnost a účinnost
- je vyroben z netoxických materiálů
- vysoká efektivita nabíjení
- velmi malý nízký vnitřní odpor

#### Nevýhody :

- nízký poměr uložené energie na váhu (10x horší vzhledeno k běžným bateriím, 10000x vzhledeno k benzínovému, plynovému pohonu)
- závislost napětí na množství uloženého náboje
- nejvyšší dielektrická absorpce ze všech typů kondenzátorů

## 4 Shrnutí

Superkondenzátory se v budoucnosti najdou využít v hlavně v dopravě, kde využijí své schopnosti velmi rychlého nabití. Dále najdou využití k zálohování zařízení u kterých může docházet ke krátkodobým výpadkům energie (hodiny, radiobudíky). Velké využití se nabízí u hybridních automobilů, kde při rekuperaci se energie bude shromažďovat v kondenzátoru.

## Literatura

- [1] Wikipedia: *Supercapacitor*  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Supercapacitor>
  
- [2] automatizace.hw.cz: *Superkondenzátor - princip, vlastnosti, použití*  
<http://automatizace.hw.cz/view.php?cisloclanku=2006122601>