

Dr inż. Bogdan Sedler
Fundacja Naukowo-Techniczna „Gdańsk“
Bałtycki Klaster Eko-Energetyczny
Doc. dr hab. inż. Jan Iwaszkiewicz
Instytut Elektrotechniki, Oddział w Gdańsku

Superkondensatory – magazyny energii elektrycznej

Streszczenie

Wielkość energii pozyskiwanej z takich źródeł odnawialnych jak farmy wiatrowe czy baterie słoneczne podlega w znacznym stopniu losowym wahaniom.

Sprawia to niemałe problemy związane z efektywnym wykorzystaniem pozyskanej energii, a także- w sytuacji połączenia licznych źródeł do wspólnej sieci- problemy związane ze sterowaniem i zarządzaniem taką rozproszoną elektrownią. Konieczne jest wówczas zastosowanie buforujących magazynów energii elektrycznej zdolnych do przejęcia chwilowych uderzeń energii i do podtrzymania napięcia przy zaniku energii ze źródła.

Najnowszymi elementami magazynującymi energię elektryczną są superkondensatory, które posiadają dużą pojemność, mogą przyjmować i generować bardzo duże prądy (kilka kA) i bardzo dużą żywotność – stwarza to duże perspektywy ich współpracy z odnawialnymi źródłami energii.

W ostatnich latach rozwinięto dwie rodzaje konstrukcji superkondensatorów: superkondensatory zwijane oraz superkondensatory składane.

Superkondensatory składane mają mniejszą gęstość energii niż superkondensatory zwijane, ale znacznie większą moc czyli możliwość pracy z wielkimi prądami oraz niskie straty. Produkowane jest wiele modeli superkondensatorów składanych na różne napięcia od 14V do 700V, w tym modele wysokonapięciowe na napięcie od 300V do 700V. Stwarza to możliwość szerokiego ich zastosowania w energetyce.

Fakt ten spowodował, że w Oddziale Instytutu Elektrotechniki w Gdańsku podjęte zostały prace nad superkondensatorami, zwłaszcza o konstrukcji składanej. Prace te dotyczą z jednej strony rozwijania samej technologii, z drugiej zaś wykorzystania superkondensatorów do magazynowania i przekształcania energii elektrycznej.

Badania nad superkondensatorami składanymi prowadzone są w ramach europejskiego projektu **Cost Action 542 pt. HPSMT – High Performance Energy Storages for Mobile and Stationary Applications** (Wysokosprawne Urządzenia Magazynowania Energii w Zastosowaniach Pojazdowych i Stacjonarnych). Działanie COST Action 542 zostało ustanowione w ramach programu Unii Europejskiej COST (Współpraca Europejska w zakresie Badań Naukowych i Technicznych) i uruchomione w dn. 29/30 marca 2006r.

Potrzeba magazynowania energii przy wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii

Wielkość energii pozyskiwanej z takich źródeł odnawialnych jak farmy wiatrowe czy baterie słoneczne

podlega w znacznym stopniu losowym wahaniom. Nakładają się one na wahania w pewnym stopniu przewidywalne, zależne np. od prognozy pogody lub, zwłaszcza w przypadku energii słonecznej, pory dnia lub roku. Sprawia to niemałe problemy związane z efektywnym wykorzystaniem pozyskanej energii, a także- w sytuacji połączenia licznych źródeł do wspólnej sieci- problemy związane ze sterowaniem i zarządzaniem taką rozproszoną elektrownią. Konieczne jest wówczas zastosowanie buforujących magazynów energii elektrycznej zdolnych do przejścia chwilowych uderzeń energii i do podtrzymania napięcia przy zaniku energii ze źródła.

Gdyby wymienić właściwości jakie powinna mieć energia doskonała, a więc łatwość **wytwarzania i przekształcania parametrów, niezwłoczną dostępność i możliwości transportowania na duże odległości, a także zdolność magazynowania znacznych ilości energii**, to energia elektryczna nie mogłaby zostać uznana za energię doskonałą ponieważ nie udało się dotychczas rozwiązać zadowalająco problemu jej magazynowania. Jednakże obok znanych, od czasów ogniwa Volty, baterii (akumulatorów) ostatnie osiągnięcia technologiczne z zakresu elementów energoelektronicznych pozwalają widzieć **superkondensator** jako element magazynujący energię elektryczną. Superkondensator dzięki ogromnej pojemności i podwyższeniu napięcia znamionowego w porównaniu do klasycznych baterii tworzy nowe możliwości w energoelektronice i elektroenergetyce, możliwości nie tylko przekształcania, ale również **magazynowania energii**.

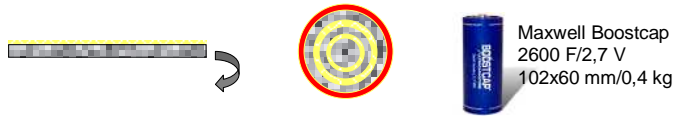
Superkondensatory

Zasada działania superkondensatora opiera się na wykorzystaniu zjawiska podwójnej warstwy Helmholtza, która stanowi obszar na granicy dwóch faz odznaczający się statystycznie nierównomiernym rozmieszczeniem elektronów lub jonów w obu fazach. Elektryczna warstwa podwójna powstaje np. na powierzchni elektrody zanurzonej w elektrolicie, z elektronów zgromadzonych w elektrodzie i jonów z roztworu zgromadzonych na jej powierzchni. Elektryczna warstwa podwójna wpływa na przebieg procesów elektrochemicznych. Jej działanie można porównać do umieszczenia kondensatora na powierzchni elektrody. Wykorzystanie tego zjawiska pozwala osiągnąć dużą powierzchnię styku materiał + elektrolit, a to umożliwia osiągnięcie pojemności 2000 F/g.

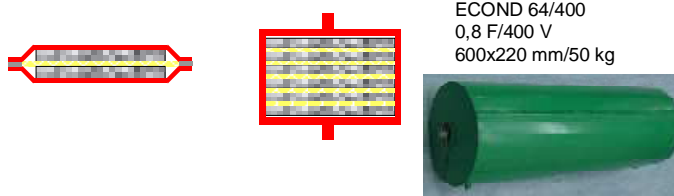
W ostatnich latach rozwinięto dwie technologie konstrukcji superkondensatorów: zwijaną oraz składaną.

Przykłady wykonania superkondensatorów

Konstrukcja zwijana (EPCOS, Maxwell)



Konstrukcja składana (ECOND)



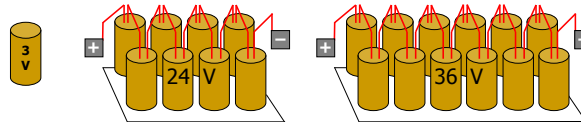
19

IEL Gdańsk

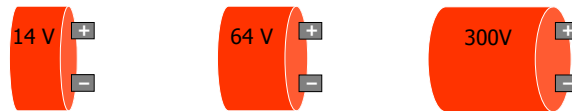
Examples of supercapacitors of different design.

Superkondensatory wysokonapięciowe

Konstrukcja pryzmatyczna – wymagane układy wyrównywania napięć



Konstrukcja składana – nie wymaga układów wyrównywania napięć



20

IEL Gdańsk

High voltage supercapacitors

W tabeli zestawiono podstawowe parametry dostępnych superkondensatorów wykonanych w tej technologii

Typoszereg superkondensatorów						
E/U kJ/V	Napięcie [U/V]	Pojemność [C/F]	Prąd [I _{max} /A]	Wysokość mm	Waga kg	Zastosowanie
9/14	14	100	670	95	10.0	Diesel – start silnika, pojazdy szynowe, autobusy
12/14	14	140	1350	130	14.5	
25/14	14	255	2000	230	22.0	
40/28	28	100	4000	300	26.0	
60/28	28	160	4000	380	31.0	
70/36	36	110	1800	510	40.0	Pojazdy hybrydowe transport, samochody elektryczne, UPSy, trafostracje, energia wiatrowa
90/300	300	2.0	500	570	38.0	
40/96	96	8.5	1300	390	34.0	Diesel - start lokomotywy
40/64	64	23	2125	415	38.0	

Portfolio of supercapacitors.

Prace nad superkondensatorami w Oddziale Instytutu Elektrotechniki w Gdańsku

Wielkie nadzieje wiąże się zwłaszcza z konstrukcją składaną, a intensywne prace badawcze prowadzone są w tym zakresie w Oddziale Instytutu elektrotechniki w Gdańsku.

Dotyczą one z jednej strony rozwijania samej technologii, z drugiej zaś - wykorzystania superkondensatorów do magazynowania i przekształcania energii elektrycznej. Podstawowe właściwości superkondensatorów ECOND przesądzą o ich przydatności.

Można tu wymienić: wysoką trwałość, odporność przeciwybuchową i na ogień, odporność na przepięcia i

przetężenia wywołane przez zwarcia, pracę bezobsługową, wysoką niezawodność, a także długi „czas życia” i zakres temperatur $<-45 \text{ to } +50> \text{ } ^\circ\text{C}$.

Badania nad superkondensatorami składanymi prowadzone są w ramach europejskiego projektu **Cost Action 542 pt. HPSMT – High Performance Energy Storages for Mobile and Stationary Applications** (Wysokosprawne Urządzenia Magazynowania Energii w Zastosowaniach Pojazdowych i Stacjonarnych).

Działanie COST Action 542 zostało ustanowione w ramach programu Unii Europejskiej COST (Współpraca Europejska w zakresie Badań Naukowych i Technicznych) i zatwierdzone przez Komitet Wyższych Urzędników COST podczas 164 zebrania w Brukseli w dn. 29/30 marca 2006r. Koniec projektu jest określony na 12.07.2010r. Wniosek o ustanowienie Działania 542 został przygotowany i złożony przez polsko-niemiecką grupę inicjatywną, w której ze strony polskiej uczestniczył Instytut Elektrotechniki, w tym Oddział Gdański IEL, który był głównym inicjatorem przedsięwzięcia. Udział w projekcie 542 potwierdziło 18 krajów, w tym jako pierwsze: Belgia, Bułgaria, Niemcy, Holandia, Polska, Rumunia, Hiszpania, Francja, a zebranie inicjujące (kick off meeting) odbyło się w Brukseli 13 lipca 2006r.

W ramach Działania 542 jego uczestnicy będą prowadzili wspólne prace badawczo-rozwojowe nad rozwojem superkondensatorów składanych i ich zastosowań w ramach pięciu grup roboczych:

WG 1: "Zaawansowane Materiały".

WG 2: "Technologia Konstrukcji i Produkcji".

WG 3: "Zastosowania Samochodowe".

WG 4: "Zastosowania w Transporcie Elektrycznym".

WG 5: "Zastosowania w Energetyce".

Głównym celem Działania COST Nr 542 jest opracowanie Wysokosprawnych Urządzeń Magazynowania Energii i ich wdrożenie w zastosowaniach pojazdowych i stacjonarnych w urządzeniach transportowych i energetycznych. Rdzeniem/kluczowym elementem tych urządzeń będą wysokonapięciowe moduły superkondensatorowe.

Oddział Instytutu Elektrotechniki w Gdańsku bierze aktywny udział w pracach grup roboczych 3, 4 i 5. W szczególności w grupie 5 IEL OG odgrywa rolę wiodącą w zakresie zastosowania superkondensatorów w urządzeniach energoelektronicznych.

We wrześniu 2006 Oddział Gdański Instytutu Elektrotechniki złożył w Ministerstwie wniosek o finansowanie projektu badawczego specjalnego dotyczącego badań filtrów aktywnych na bazie superkondensatorów, w związku z udziałem Oddziału w Cost Action 542. Wniosek został rozpatrzony pozytywnie i Oddział Gdański zawarł umowę na opracowanie projektu pt.

„Filtr aktywny (kompensator) zapadów i krótkotrwałych zaników napięcia sieci energetycznej z magazynem energii w postaci baterii wysokonapięciowych superkondensatorów składanych”.

Supercapacitors – electric energy storing devices

Abstract

A quantity of energy produced by renewable sources as wind farms or solar panels is unstable and changes in time in unpredictable manner.

It results in serious problems with efficient use of produced energy as well as problems with control and management of generating plant including several networked renewable sources. To solve these problems it is necessary installing buffering electric energy storages capable to accept short-time bursts of energy and to maintain output voltage at declines of energy generation.

The new energy storing elements are supercapacitors featuring high capacity, ability to accept and generate very big currents (few kA) and long operational life – it creates good perspectives for supercapacitors cooperation with renewable energy sources.

Recently two different designs of supercapacitors were developed -prismatic and stacked supercapacitors. The stacked supercapacitors are featuring lower energy density than prismatic ones, but much bigger power i.e. ability to work with big currents and low losses.

It results in serious problems with efficient use of produced energy as well as problems with control and management of generating plant including several networked renewable sources. To solve these problems it is necessary installing buffering electric energy storages capable to accept short-time bursts of energy and to maintain output voltage at declines of energy generation.

Several models of the stacked supercapacitors manufactured with voltage from 14V to 700V, including high-voltage models with voltage from 300V to 700V. It enables application of these supercapacitors in power industry.

This fact resulted at initiating at the Gdansk Branch of Electrotechnical Institute a R+D work on supercapacitors, especially the stacked ones. The work includes development of the supercapacitor technology as well as application of supercapacitors at the electric energy storing and processing systems.

The research on stacked supercapacitors is performed within European project **Cost Action 542: HPSMT – High Performance Energy Storages for Mobile and Stationary Applications**. Cost Action 542 was established within European Union program COST: (European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research) and initiated on March 29/30, 2006.