



Oddział Instytutu Electrotechniki w Gdańsku

SUPERKONDENSATOR – NOWY ELEMENT W UKŁADACH ENERGOELEKTRONICZNYCH

Jan Iwaszkiewicz



Właściwości energii wytwarzanej przez OZE: odnawialne źródła energii - trudności:

- ✓ **Wielkość energii pozyskiwanej z OZE: odnawialnych źródeł energii jak farmy wiatrowe czy baterie słoneczne podlega w znacznym stopniu losowym wahaniom,**
- ✓ **Występują też wahania wielkości wytwarzanej energii, które są w pewnym stopniu przewidywalne, zależne np. od prognozy pogody lub, zwłaszcza w przypadku energii słonecznej, pory dnia**

Właściwości energii wytwarzanej przez OZE: odnawialne źródła energii - trudności:

- ✓ **Wahania te sprawiają 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.**

Magazynowanie energii – technologia ograniczania trudności przy

wykorzystaniu OZE: odnawialnych źródeł energii:

- ✓ **Możliwym sposobem ograniczania trudności przy wykorzystaniu OZE jest zastosowanie buforujących magazynów energii elektrycznej zdolnych do przejęcia chwilowych uderzeń energii i do podtrzymania napięcia przy zaniku energii ze źródła.**
- ✓ **Wprowadzenie magazynów energii elektrycznej jest jednym z elementów budowy nowej „inteligentnej sieci” - Smart Grid”, która będzie niezbędna dla wykorzystania wielu nowych rozproszonych źródeł energii.**

Istniejące rodzaje magazynów energii:

- ✓ Od wielu lat znane jest kilka rodzajów urządzeń do magazynowania energii elektrycznej jak np. akumulatory, koła zamachowe, urządzenia na sprężone powietrze, elektrownie szczytowo-pompowe napięcia.
- ✓ Zakres stosowanie urządzeń magazynowania jest jednak **ograniczony**, gdyż użycie ich związane jest z wieloma trudnościami,

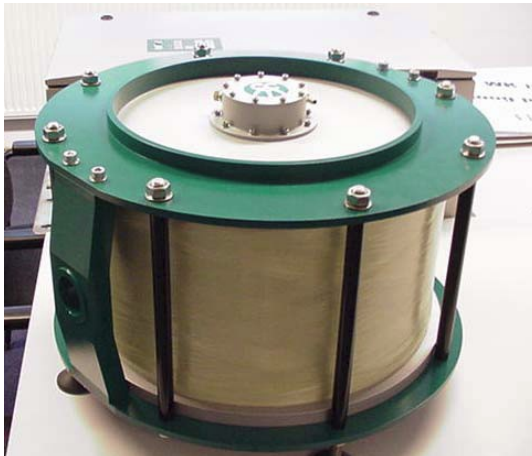
Istniejące rodzaje magazynów energii - akumulatory:

- ✓ Najbardziej rozpowszechnionym rodzajem magazynów energii są akumulatory – posiadają one dużą pojemność energetyczną, ale jednocześnie posiadają szereg wad, przede wszystkim niską żywotność czyli małą ilość cykli ładowania/rozładowania – od 1000 do kilku tysięcy oraz niską moc,
- ✓ Wady te powodują, że **efektywność** stosowania magazynów energii dla poprawy wykorzystania OZE jest ograniczona.

Magazynowanie energii

I. AKUMULATORY

- + bardzo duża gęstość energii
- mała moc impulsowa
- brak kontroli zgromadzonej energii
- kłopotliwa eksploatacja



II. KOŁA ZAMACHOWE

- + duża gęstość energii
- + duża moc impulsowa
- + kontrola zgromadzonej energii
- wysoka cena
- kłopotliwa eksploatacja

Superkondensatory – nowy rodzaj magazynu energii:

- ✓ Od kilku lat wprowadzane są nowe element/urządzenia do magazynowania energii elektrycznej **superkondensatory** [ang. supercapacitors] , określane także jako **ultrakondensatory** [ang. ultracapacitors] oraz „kondensatory z warstwą podwójną” ang. Double-Layer Capacitors: DLC, Electrochemical Double-Layer Capacitors: EDLC

Superkondensatory – nowy rodzaj magazynu energii:

- ✓ **Super/ultrakondensatory są to urządzenia elektryczne, o zewnętrznych właściwościach podobnych do kondensatorów elektrycznych, które posiadają zdolności magazynowania **dużych ilości energii elektrycznej** czyli posiadają bardzo dużą pojemność elektryczną, poprzez wykorzystanie zjawiska tzw. warstwy podwójnej Helmholtza [ang. Helmholtz double layer].**

Superkondesatory – nowy rodzaj magazynu energii

– główne zalety:

- ✓ Istotną cechą super/ultrakondesatorów jest bardzo duża żywotność – niektóre ich rodzaje wytrzymują ok. **miliona cykli ładowania**.
- ✓ Super/ultrakondesatory mają także dwie inne korzystne cechy: bardzo dużą moc – mogą przyjmować i generować prądy rzędu **2000A** oraz niską oporność wewnętrzną rzędu miliomów czyli niskie straty.

Superkondensatory – nowy rodzaj magazynu energii

– główne zalety:

III. SUPERKONDENSATORY

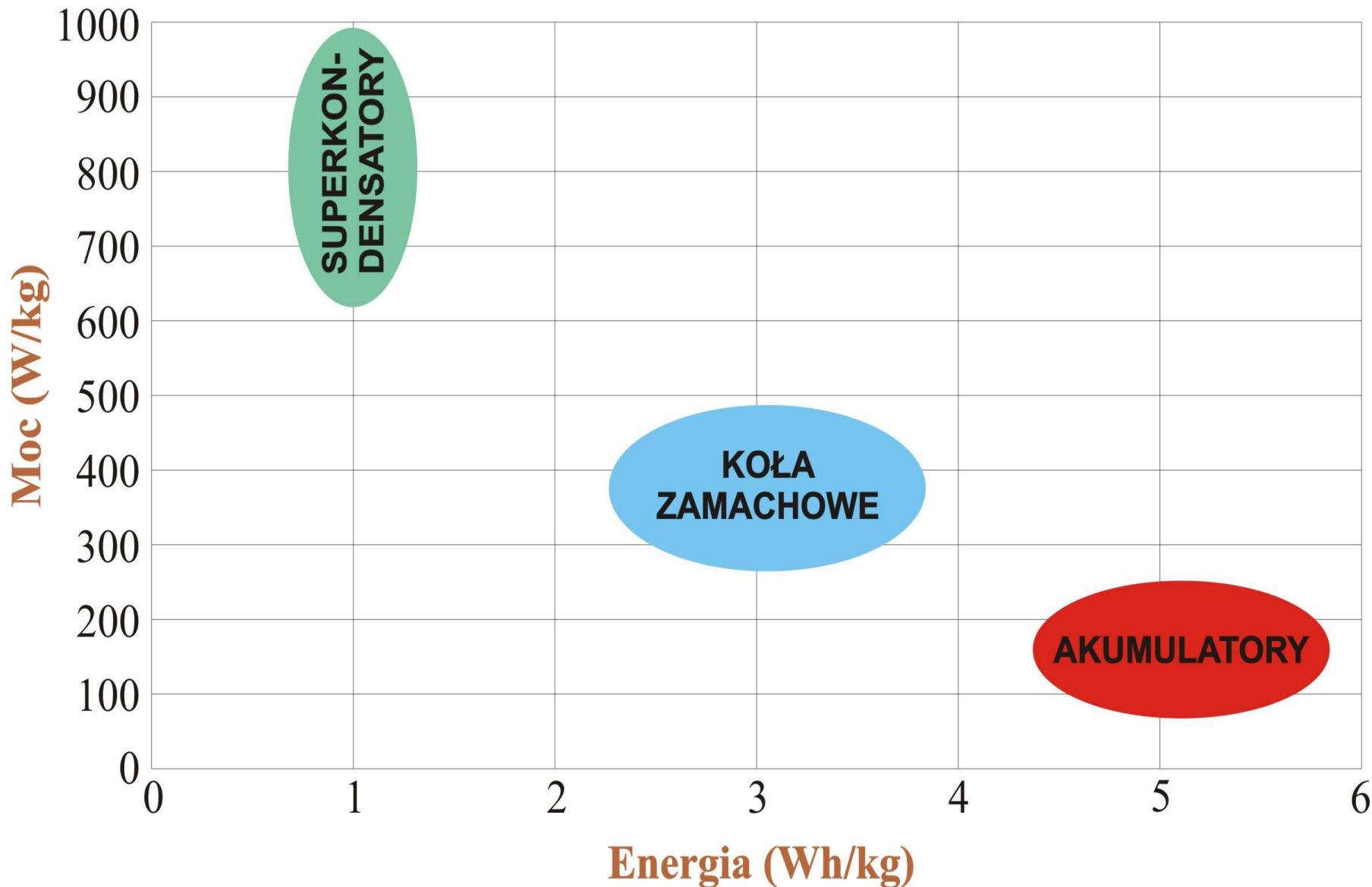
- mała gęstość energii
- + bardzo duża moc impulsowa
- + kontrola zgromadzonej energii
- + niewysoka cena (obniżająca się)
- + niekłopotliwa eksploatacja



Superkondensatory – nowy rodzaj magazynu energii:

- ✓ **Dzięki tym parametrom super/ultrakondensatory tworzą nowe możliwości w energoelektronice, elektroenergetyce oraz elektryfikacji transportu**
- ✓ **Możliwa jest budowa urządzeń energoelektronicznych nowych rodzajów pozwalających na efektywne przekształcanie, a także magazynowanie energii i przez to zwiększanie efektywności systemów elektroenergetycznych i transportowych**

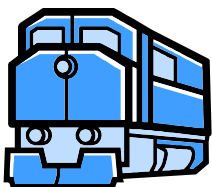
Porównanie urządzeń do magazynowania energii



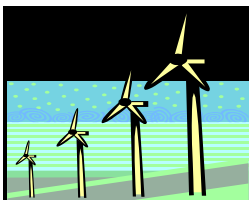
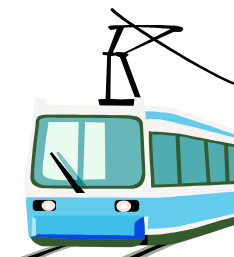
Potencjalne obszary zastosowań superkondensatorów



Pojazdy samochodowe (autobusy, samochody ciężarowe i osobowe);

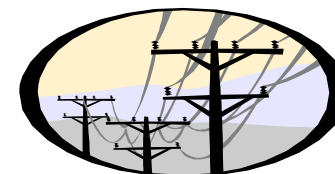


Pojazdy szynowe (pociągi, metro, tramwaje);



Systemy wykorzystujące odnawialne źródła energii
(zwłaszcza energię wiatrową i słoneczną);

Poprawa jakości energii i systemy
zasilania bezprzerwowego (UPS);



Zastosowania trakcyjne superkondensatorów

Odzyskiwanie energii hamowania

Faza 1: hamowanie

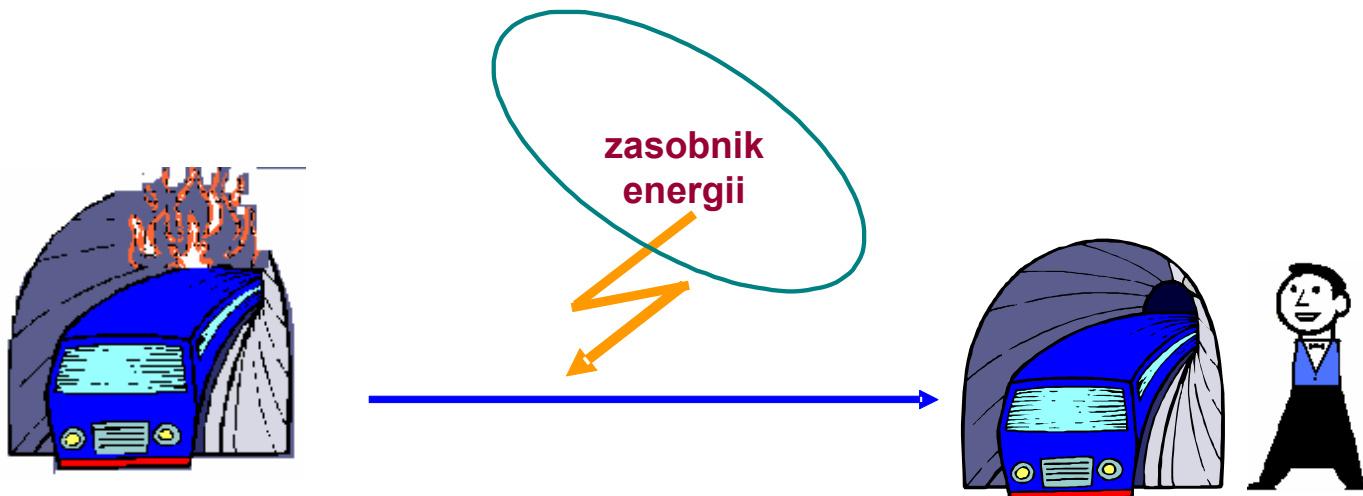
gromadzenie energii

ponowne wykorzystanie energii

Faza 2: przyspieszanie

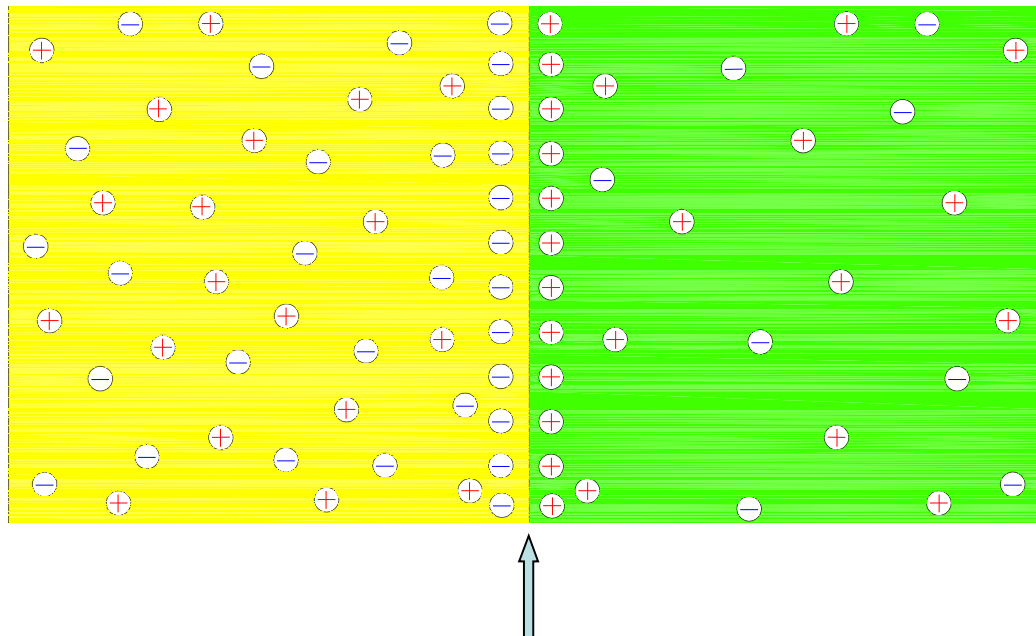


Opuszczanie zagrożonej strefy przy braku zasilania
(awaria techniczna, wypadek, atak terrorystyczny)



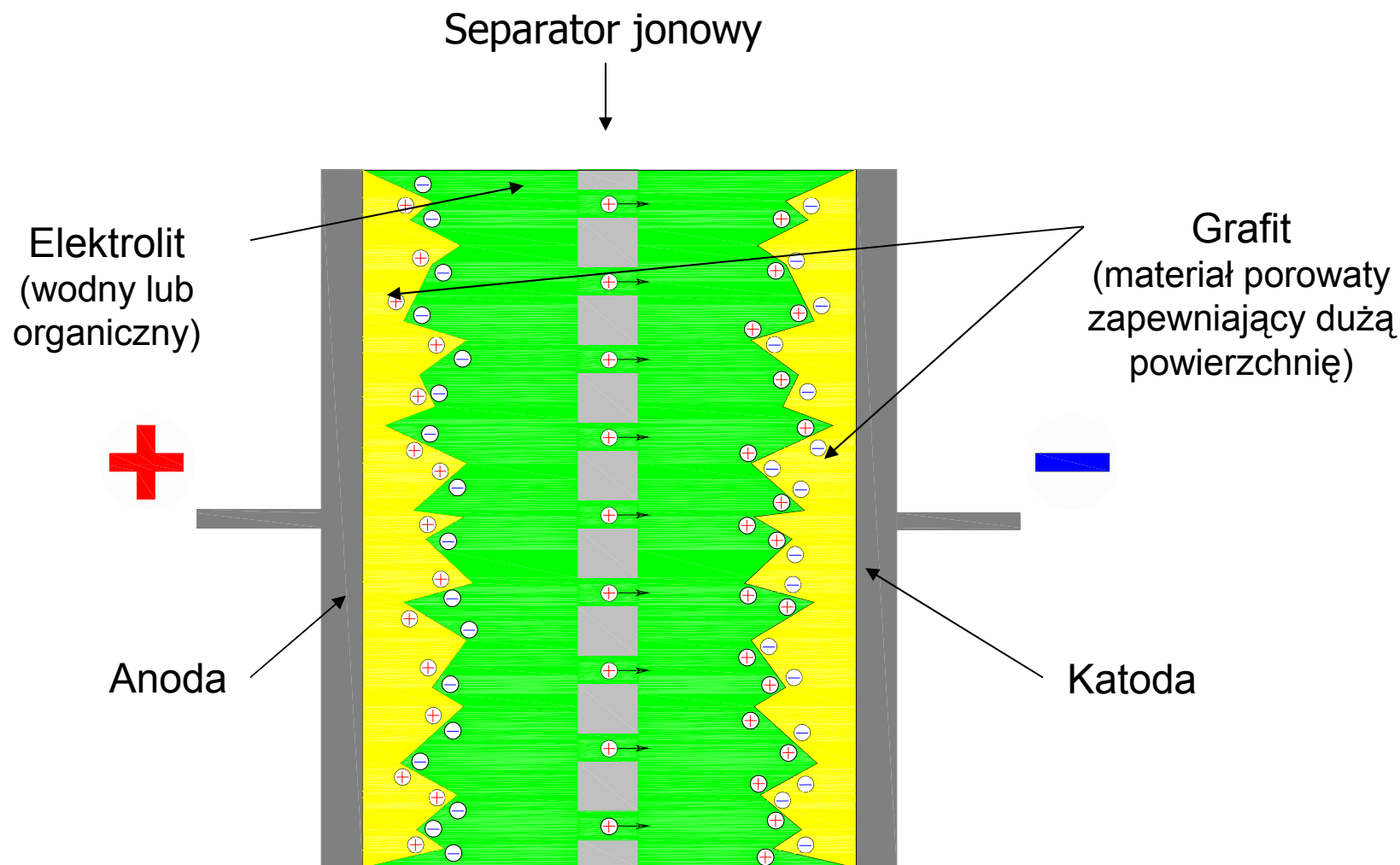
Zasada działania superkondensatora – podwójna warstwa Helmholtza

W systemie złożonym z dwóch różnych materiałów na ich granicy tworzy się podwójna warstwa elektryczna



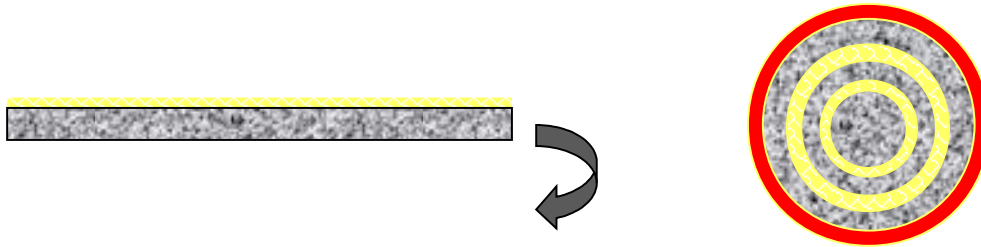
Podwójna warstwa elektryczna

Budowa superkondensatora z podwójną warstwą elektryczną Helmholtza



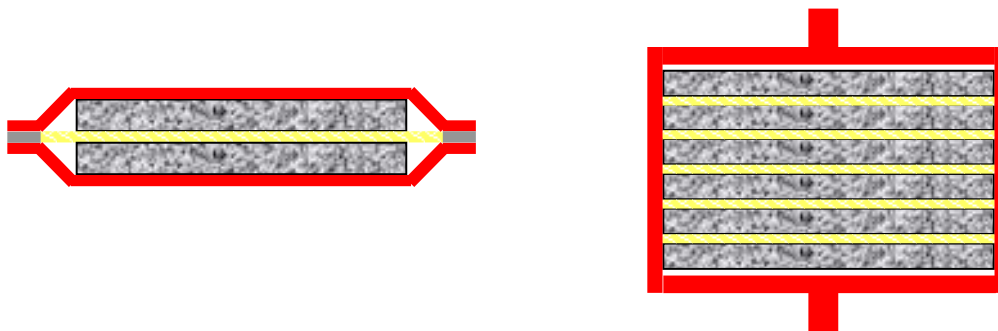
Rodzaje konstrukcji superkondensatorów

Konstrukcja zwijana (EPCOS, Maxwell)



Maxwell Boostcap
2600 F/2,7 V
102x60 mm/0,4 kg

Konstrukcja składana (ECOND)

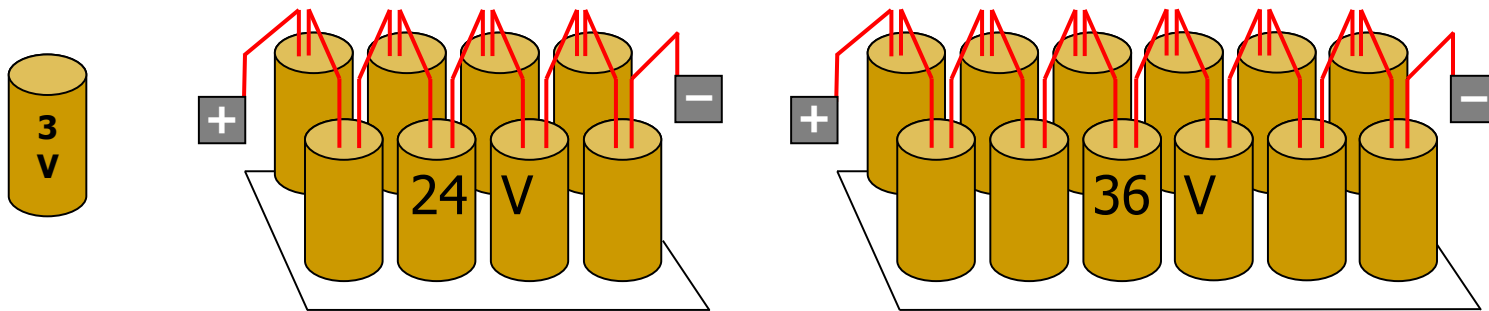


Econd 64/400
0,8 F/400 V
600x220 mm/50 kg

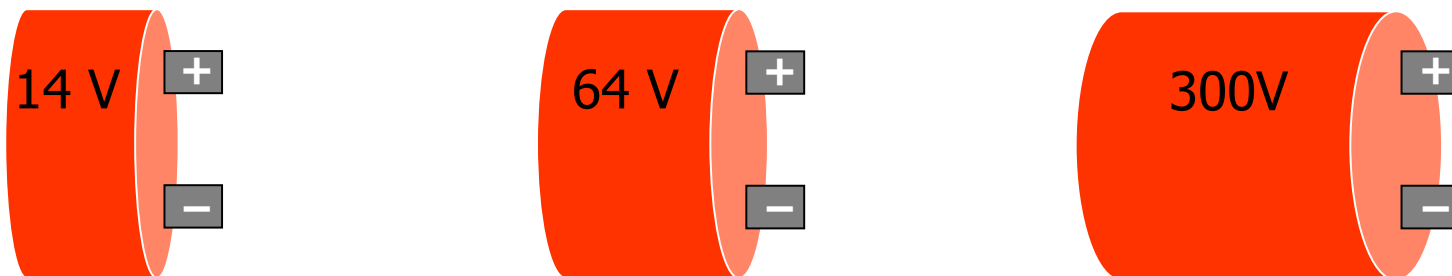


Superkondensatory wysokonapięciowe

Konstrukcja pryzmatyczna –
wymagane układy wyrównywania napięć



Konstrukcja składana –
nie wymaga układów wyrównywania napięć



Przykłady konstrukcji z zastosowaniem superkondensatorów pryzmatycznych



Odzyskiwanie energii hamowania tramwaju

Pojemność: 45 F

Napięcie: 400V

Pojedynczy element: 1800 F/2,5 V

Ilość elementów: 640 - połączone po 4 równolegle i 160 takich modułów w szereg

Odzyskiwanie energii hamowania na podstacji trakcyjnej

Ilość elementów: 1344



Przykłady konstrukcji z zastosowaniem superkondensatorów składanych

Awaryjny zasobnik energii dla pociągu metra (Moskwa)

Pojemność: 5,6 F

Napięcie: 640 V

Zgromadzona energia: 1,3 MJ

Ilość elementów: 14

Waga zestawu: 530 kG



Superkondensatory składane firmy ECOND

Typ	Napięcie (V)	Prąd (A)	Pojemność (F)	Opór wew. (Ω)	Waga (kG)	Energia (kJ)	Moc (kW)
9/14	14,0	670	95,00	0,0060	10	9,31	8,17
12/14	14,0	1350	130,00	0,0045	15	12,74	10,89
25/14	14,0	2000	260,00	0,0025	22	25,48	19,60
40/28	28,0	4000	104,00	0,0055	26	40,77	35,64
60/28	28,0	4000	160,00	0,0035	37	62,72	56,00
40/64	64,0	2125	18,00	0,0300	38	36,86	34,13
40/96	96,0	1300	9,00	0,0600	34	41,47	38,40
20/150	150,0	750	1,80	0,2000	23	20,25	28,13
15/175	175,0	700	1,00	0,2500	22	15,31	30,63
33/200	200,0	700	1,65	0,2000	19	33,00	50,00
60/200	200,0	1000	3,00	0,2000	25	60,00	50,00
90/200	200,0	1000	4,50	0,2000	36	90,00	50,00
27/220	220,0	1100	1,12	0,2000	40	27,10	60,50
60/260	260,0	970	1,75	0,3000	50	59,15	56,33
20/300	300,0	1000	0,44	0,3000	24	19,80	75,00
40/300	300,0	1000	0,90	0,3750	40	40,50	60,00
90/300	300,0	1000	2,00	0,3000	38	90,00	75,00
115/300	300,0	1000	2,50	0,3000	53	112,50	75,00
18/350	350,0	700	0,30	0,4000	29	18,38	76,56
40/400	400,0	1000	0,50	0,4000	32	40,00	100,00
64/400	400,0	1000	0,80	0,4000	50	64,00	100,00
36/700	700,0	1000	0,15	0,7000	36	36,75	175,00

Superkondensatory w Oddziale Gdańskim



Typ: ECOND 40/28

Pojemność: 104 F

Napięcie: 28 V

Zgromadzona energia: 41 kJ

Rezystancja wewnętrzna: 5,5 mΩ

Waga: 26 kG



Typ: ECOND 64/400

Pojemność: 0,8 F

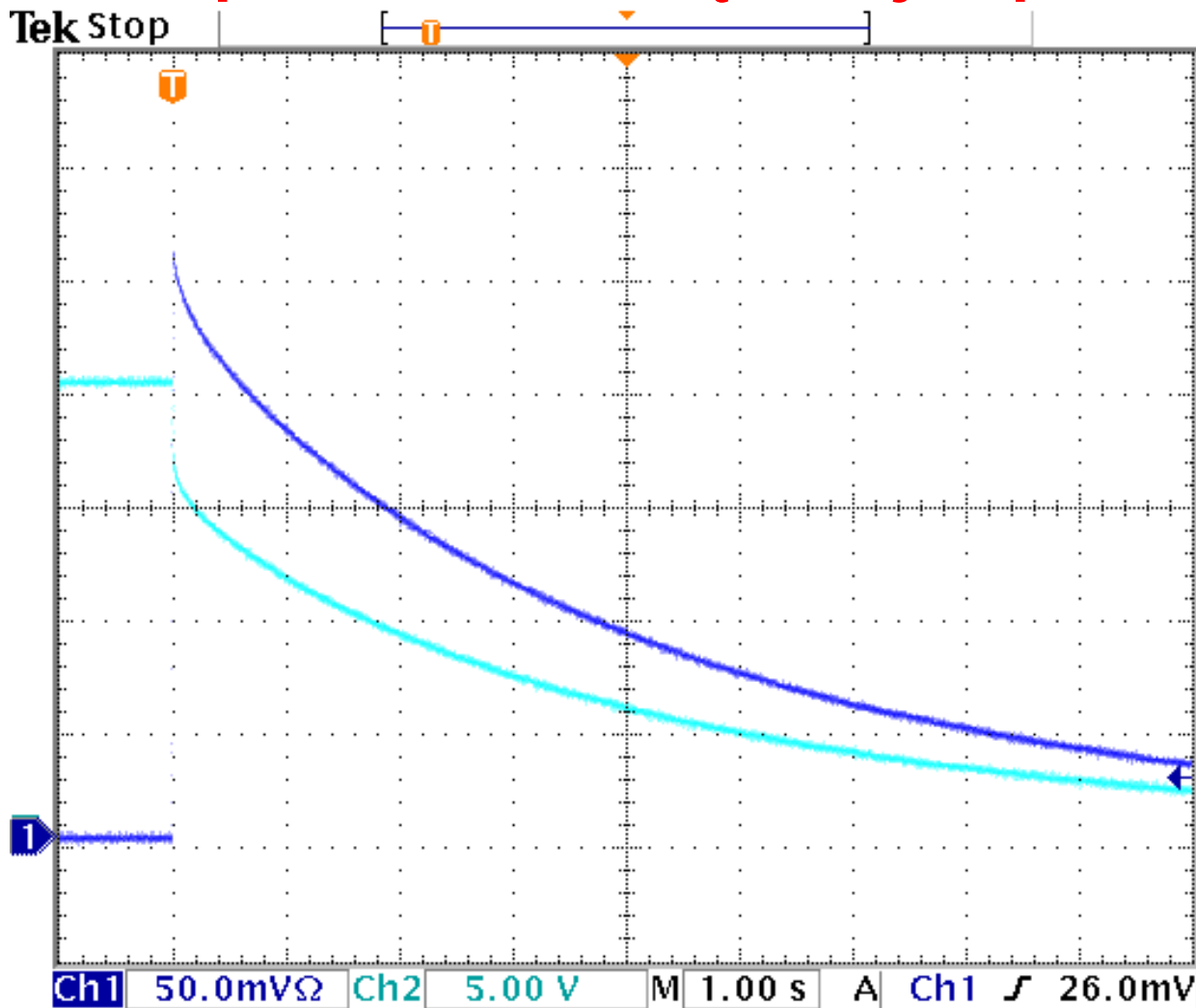
Napięcie: 400 V

Zgromadzona energia: 64 kJ

Rezystancja wewnętrzna: 0,8 Ω

Waga: 50 kG

Pomiar oporności wewnętrznej superkondensatora



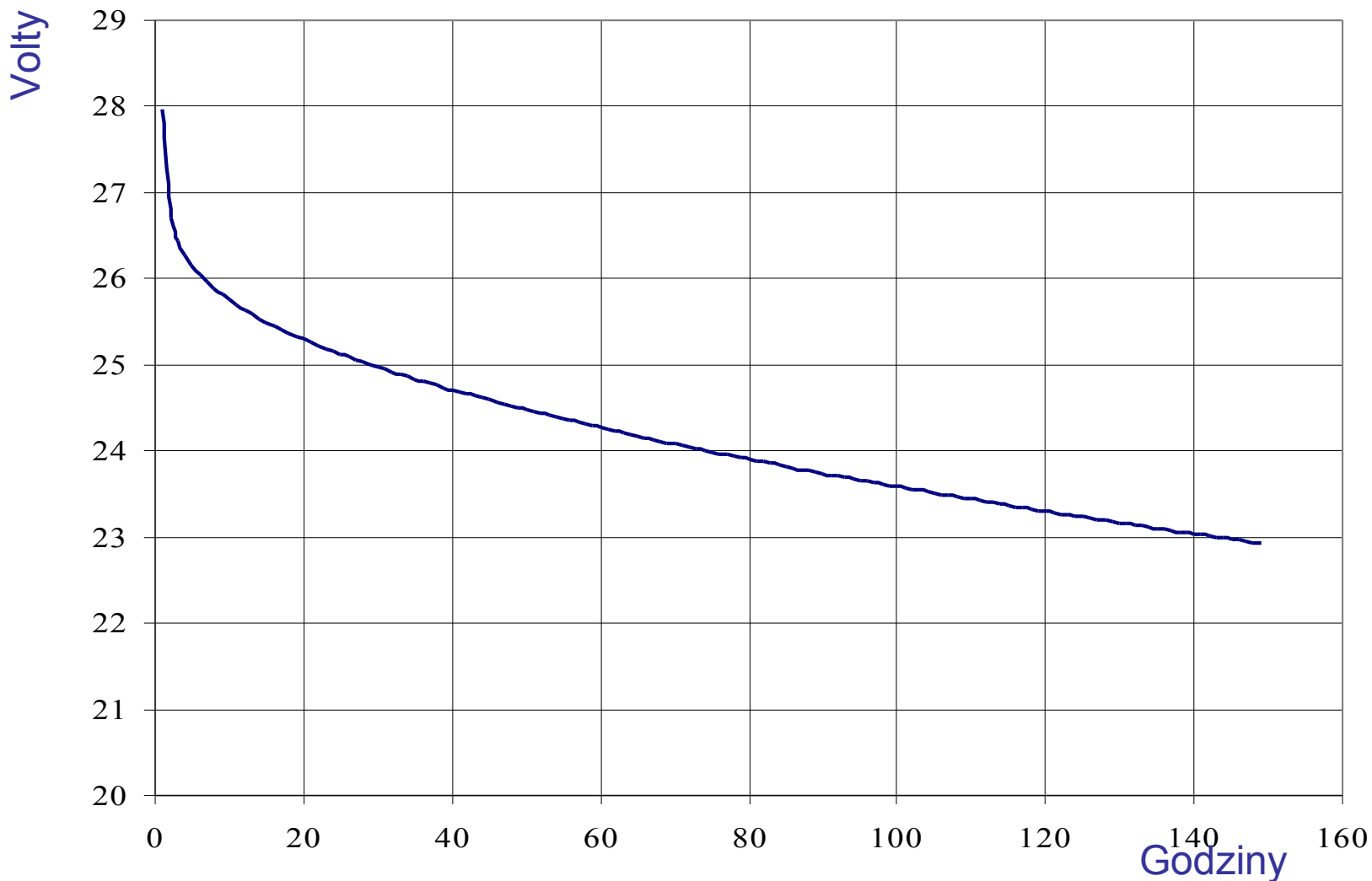
16 Dec 2005
11:42:14

4.00000 s

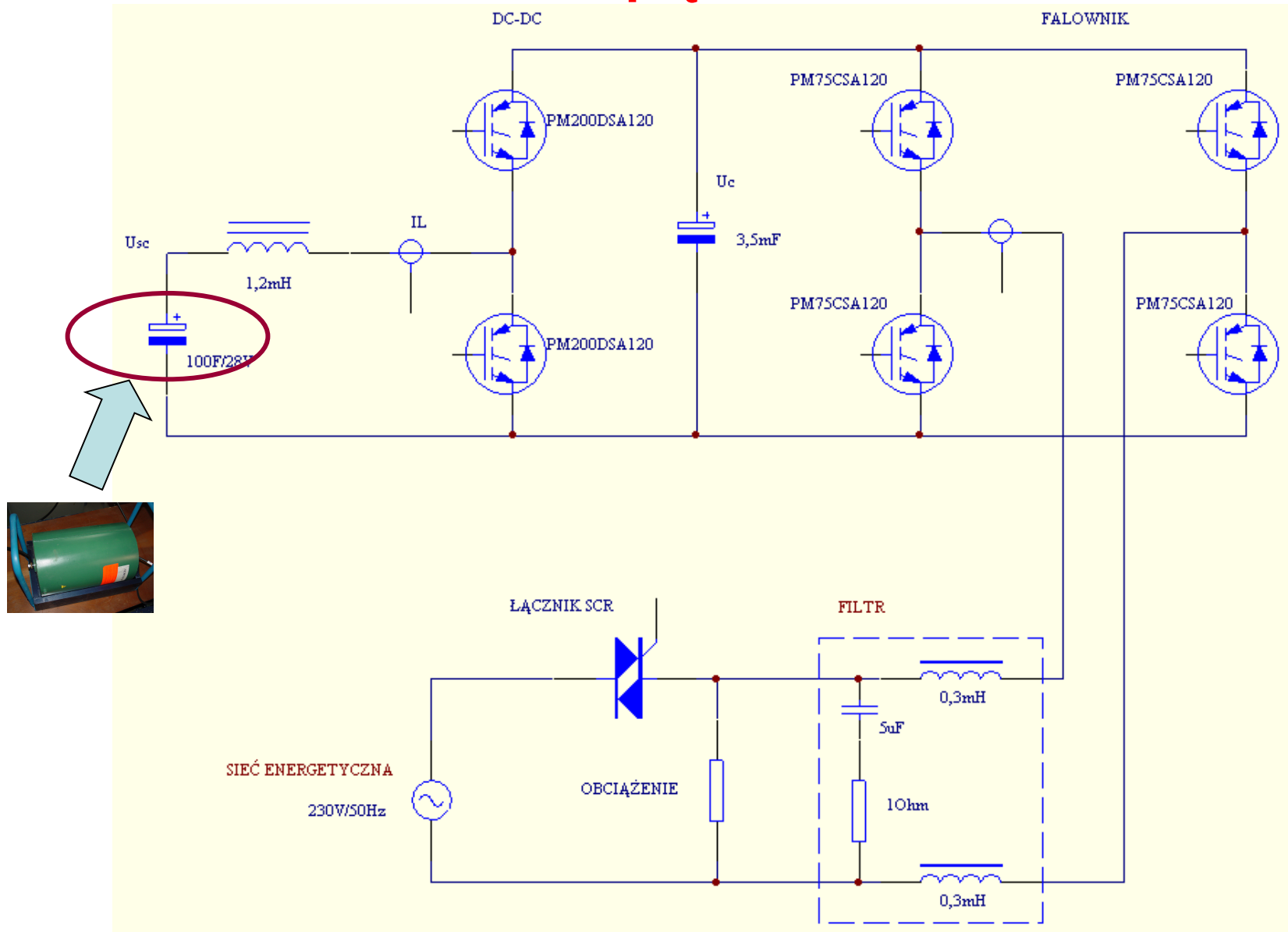
Maksymalny prąd probierczy: 500 A

Rezystancja wewnętrzna: 5,2 mΩ

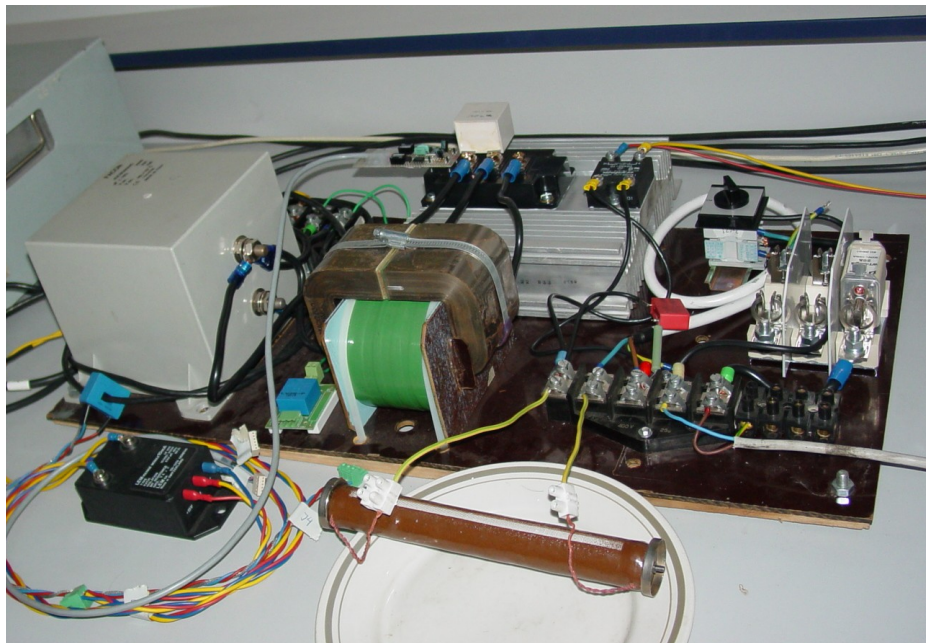
Przebieg samorozładowania superkondensatora 40/28



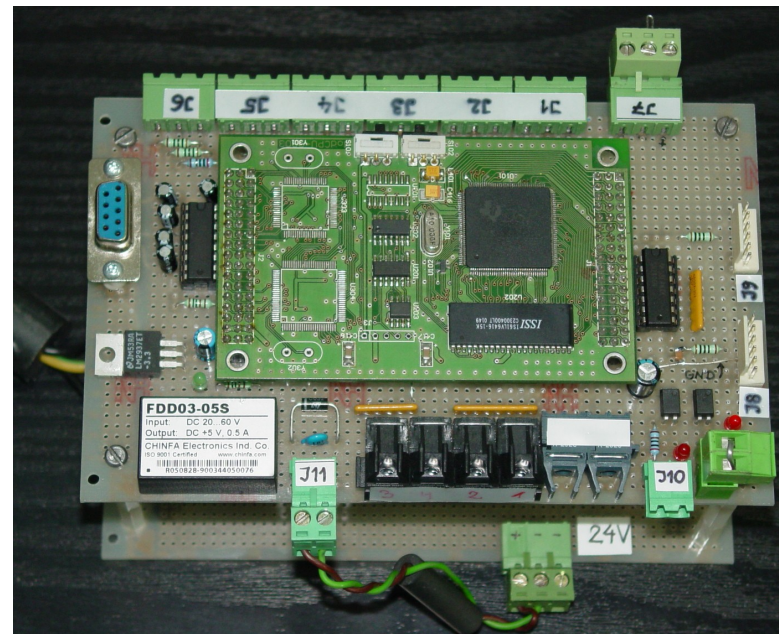
Kompensator zaników napięcia



Konstrukcja kompensatora zaników napięcia

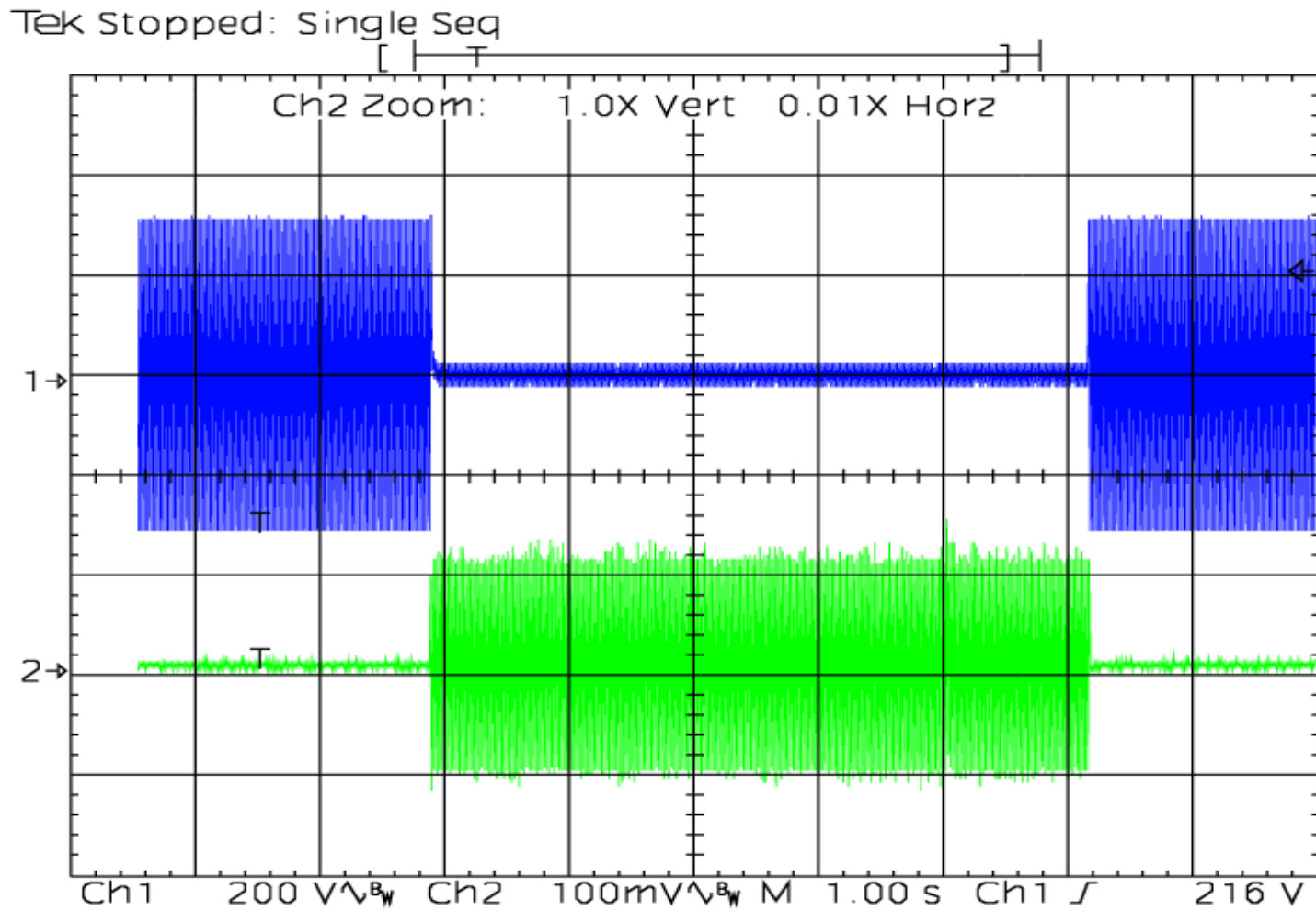


Stanowisko badawcze



Sterownik

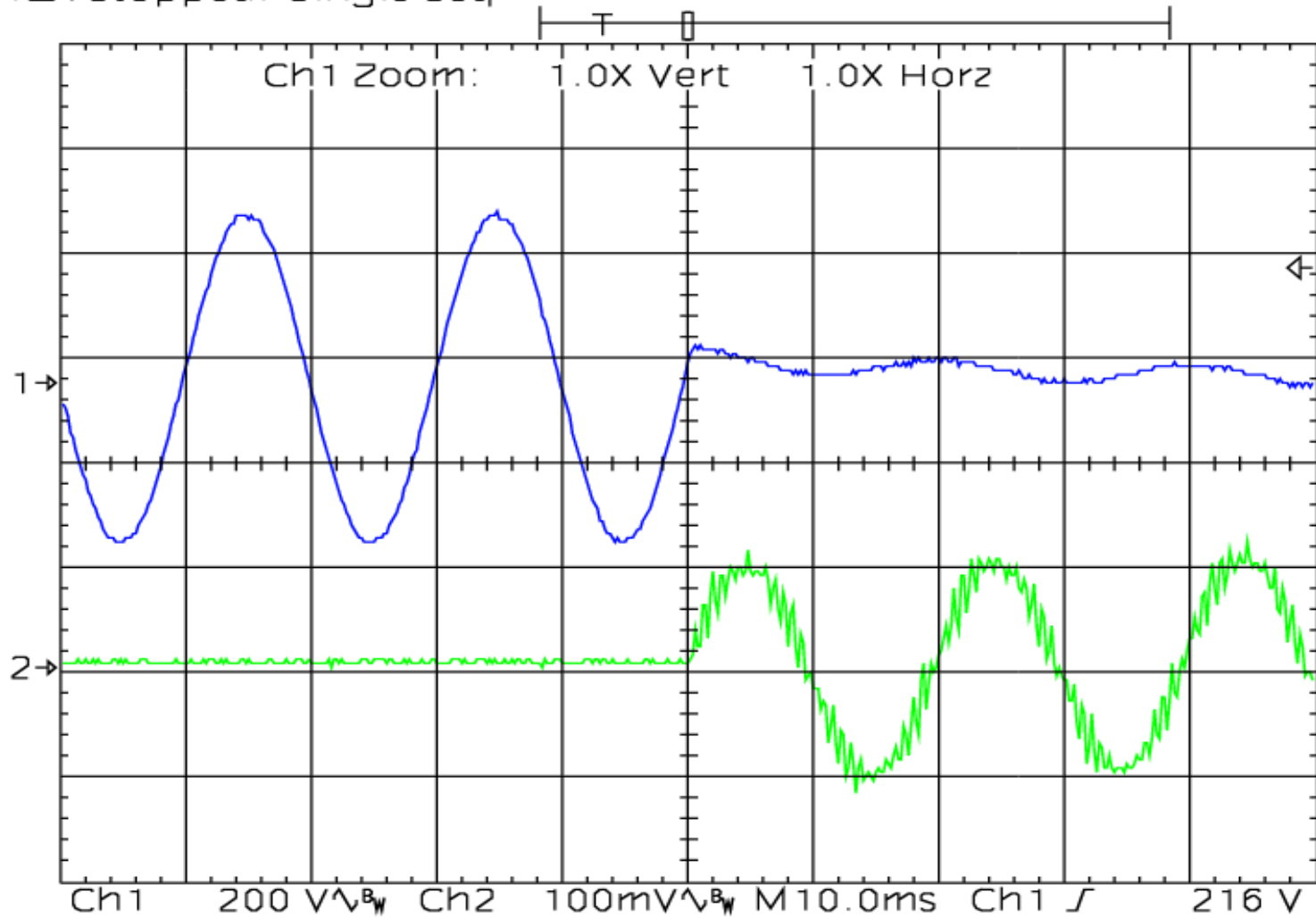
Działanie kompensatora zaników napięcia



Napięcie sieciowe i prąd wyjściowy kompensatora

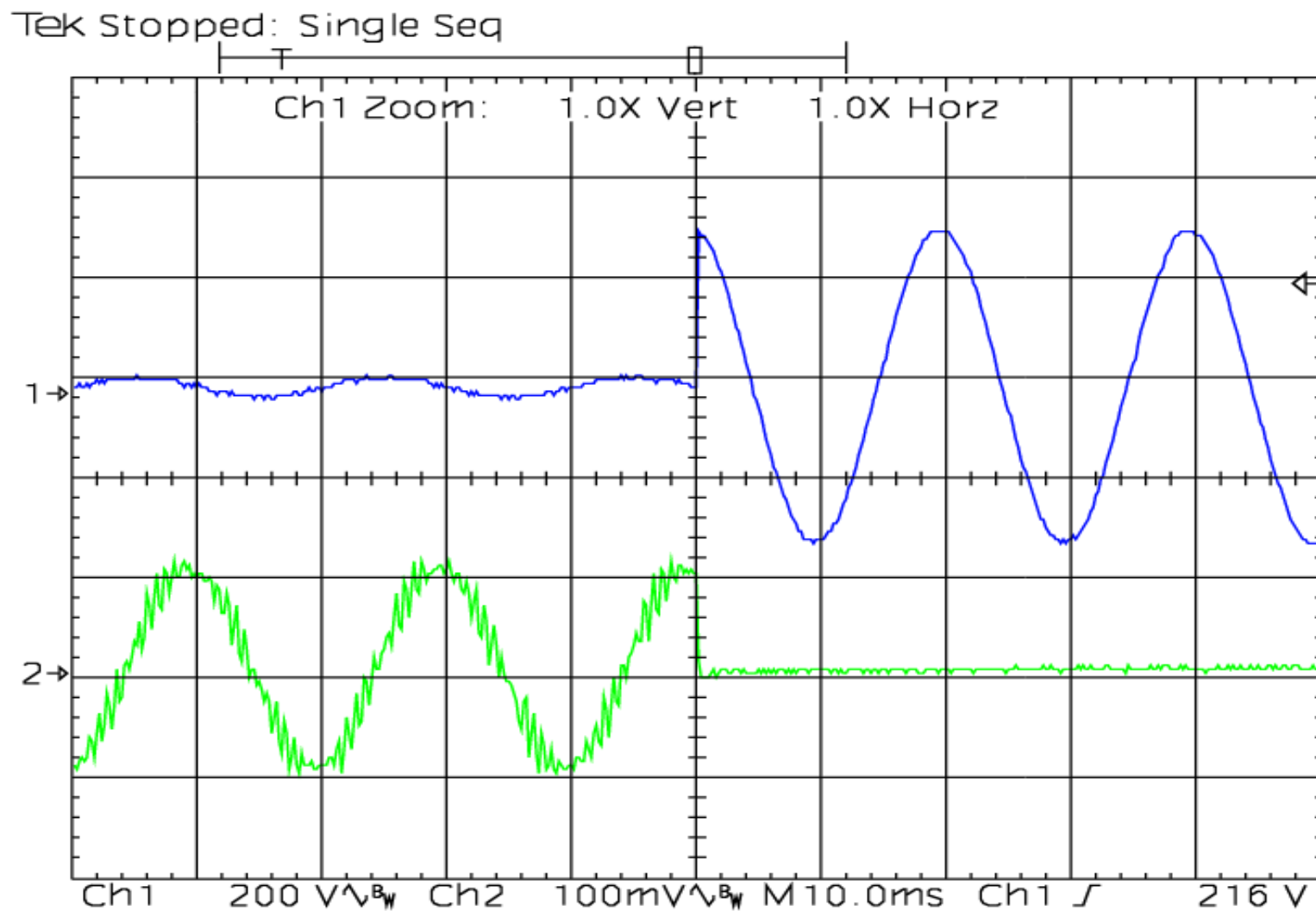
Przebieg załączania kompensatora zaników napięcia

Tek Stopped: Single Seq



Napięcie sieciowe i prąd wyjściowy kompensatora

Przebieg wyłączenia kompensatora zaników napięcia



Napięcie sieciowe i prąd wyjściowy kompensatora

Działanie COST 542

Cost Action 542

HPSMT – High Performance Energy Storages for Mobile and Stationary Applications (**Wysokosprawne Urządzenia Magazynowania Energii w Zastosowaniach Pojazdowych i Stacjonarnych**)

Działanie ustanowione w ramach programu Unii Europejskiej COST (Współpraca Europejska w zakresie Badań Naukowych i Technicznych). Działanie Nr 542 zostało zatwierdzone przez Komitet Wyższych Urzędników COST podczas 164 zebrania w Brukseli w dn. 29/30 marca 2006r. Koniec działania 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.

Do dn. 26 czerwca 2006 udział w Działaniu 542 potwierdziło 7 krajów: Belgia, Bułgaria, Niemcy, Holandia, Polska, Rumunia, Hiszpania.

Zebranie inicjujące Działanie (kick off meeting) odbyło się w Brukseli 13 lipca 2006r.

Obecni uczestnicy Działania COST 542

- **Vrije Universiteit Brussel, Bruksela, Belgia**
- **University of Liège, Liege, Belgia**
- **University of Transport, Sofia, Bułgaria**
- **Universidad de Zaragoza, Saragossa, Hiszpania**
- **Alstom Transport, Saint-Ouen Cedex, Francja**
- **INRETS, Joinville, Francja**
- **SIEMENS, Brasov, Rumunia**
- **University of Transilvania, Brasov, Rumunia**
- **TEIJIN TWARON GmbH, Wuppertal, Niemcy**
- **INNOFA GmbH, Berlin, Niemcy**
- **WTTC, Berlin, Niemcy**
- **A&M Renewables Limited, Boyle, Irlandia**
- **DAEDALUS INFORMATICS LTD, Ateny, Grecja**
- **IEL, Warszawa, Polska**
- **IEL OW, Wrocław, Polska**
- **IEL OG, Gdańsk, Polska**

Udział w Działaniu COST 542

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.

Projekt Specjalny COST/260/2006

Finansowanie prac badawczych związanych ze współpracą międzynarodową jest realizowane w ramach tak zwanych projektów badawczych specjalnych.

Przyznanie finansowania takiego projektu następuje na podstawie wniosku o finansowanie projektu badawczego specjalnego składanego w Ministerstwie Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Wniosek taki może być złożony w dowolnym czasie i jest rozpatrywany indywidualnie pod względem wartości merytorycznej.

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: HPSMT – High Performance Energy Storages for Mobile and Stationary Applications. Wniosek został rozpatrzony pozytywnie.

Tytuł projektu:

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

Projekt Specjalny COST/260/2006

Celem projektu jest opracowanie filtra aktywnego podwyższającego jakość energii elektrycznej.

Działanie filtrujące będzie polegało na kompensacji zapadów i krótkotrwałych zaników napięcia zasilającego.

Proponowane rozwiązanie ukierunkowane jest na poprawę jakości napięcia w wydzielonych lokalnych sieciach energetycznych.

Na rynku brakuje standardowych urządzeń przeznaczonych do pełnienia takich funkcji.

Projekt Specjalny COST/260/2006

W ramach projektu zostaną opracowane następujące zasadnicze podzespoły:

układ generacji wzorcowego napięcia o wysokiej jakości - przewiduje się tu rozwiązanie w postaci specjalizowanego falownika wielopoziomowego,

układy sprzęgające sieć rzeczywistą z siecią wirtualną wytworzoną przez falownik - rozpatrzone tu zostanie sprzężenie transformatorowe, sprzężenie przy pomocy dwukierunkowych łączników półprzewodnikowych oraz sprzężenie za pomocą nowo opracowywanych łączników inteligentnych,

układ identyfikacji charakteru zaburzeń oraz układy kontroli przepływu energii.

Projekt Specjalny COST/260/2006

Zakłada się, że model filtru będzie wyposażony w przekształtnik wielopoziomowy o mocy 100 kVA oraz w magazyn energii, zapewniający poprawną pracę urządzeń filtru w przypadku wystąpienia zaburzeń zasilania, w postaci baterii superkondensatorów.

Falownik filtru aktywnego zostanie zbudowany jako trój- lub czteropoziomowy falownik z diodami poziomująco-blokującymi (falownik typu DCI).

Opracowane filtry umożliwiać będą współpracę z zewnętrznymi źródłami energii, takimi jak na przykład ogniwa paliwowe, umożliwiającymi kompensację również długotrwałych zaburzeń zasilania.



Dziękuję za uwagę