

RIELLO UPS: SUPERKONDENSATOREN FÜR USV

1. Einleitung

Elektrizität kann derzeit durch den Einsatz von Technologien gespeichert werden, die sich sowohl in den physikalischen Funktionsprinzipien (elektrostatisch und elektrochemisch) als auch in den Leistungsmerkmalen (spezifische Leistung, Energiedichte, Speicher- und Umwandlungseffizienz) unterscheiden.

Die Lösungen, die am besten für diesen Zweck geeignet erscheinen, sind elektrochemische Batterien, Speichersysteme mit Wasserstoffanreicherung und elektrochemische sowie elektrostatische Kondensatoren - auch Superkondensatoren oder Ultrakondensatoren genannt.

In dieser Informationsschrift beschäftigen wir uns mit Superkondensatoren, die ähnlich arbeiten wie normale Kondensatoren - was sie im Vergleich „super“ macht, ist die Energiemenge, die sie speichern können.

2. Eigenschaften

Superkondensatoren stehen für eine innovative und ökologische Speichertechnologie, die durch eine relativ geringe Energiedichte (geringer als bei der Speicherung mit elektrochemischen Batterien) kombiniert mit einer extrem hohen Leistungsdichte gekennzeichnet ist.

Da die Speicherung von Elektrizität auf nahezu reversiblen elektrostatischen Prozessen beruht, haben sie auch einen hohen Wirkungsgrad und eine lange Lebensdauer (geschätzte 1.000.000 Zyklen bei 25°C).

Aufgrund ihrer Betriebseigenschaften können Superkondensatoren effektiv in Speichersystemen und zur Versorgung kurzzeitiger Leistungsspitzen eingesetzt werden.

Das Diagramm in Abbildung 1 verdeutlicht, wie Superkondensatoren einen Bereich der Ebene zwischen den elektrochemischen Batterien und herkömmlichen Kondensatoren besetzen.

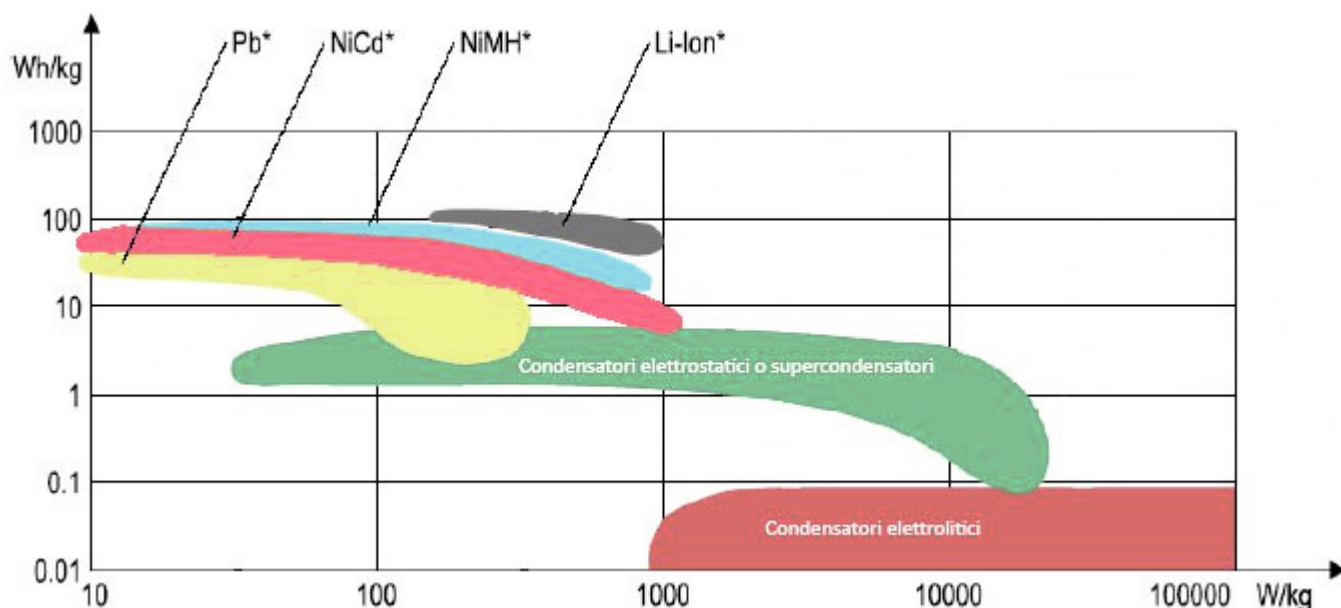
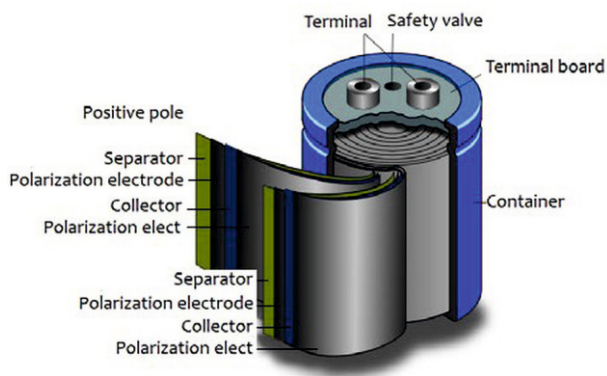


Abbildung 1

INNERER AUFBAU UND FUNKTION

Superkondensatoren speichern elektrische Energie mittels elektrostatischer Felder: eine Elementarzelle besteht im Wesentlichen aus zwei in eine Elektrolytlösung eingetauchten porösen Elektroden, die durch ein hohes Verhältnis zwischen Oberfläche und Gewicht der Platten gekennzeichnet sind.



Ein Kondensator zeichnet sich durch seine Kapazität (gemessen in Farad) aus, die die Ladungsmenge, bzw. die Anzahl der gespeicherten Elektronen beschreibt. Die Kapazität nimmt zu, wenn die Fläche der Platten größer und der Abstand zwischen ihnen kleiner wird. Superkondensatoren unterscheiden sich von Standardkondensatoren, weil sie in der Lage sind, die millionenfache Anzahl von Elektronen zu speichern

Wie bereits erwähnt, benötigen Superkondensatoren keine chemischen Prozesse, um die gespeicherte Energie verfügbar zu machen. Daher brauchen sie nur sehr wenig Zeit, um Elektroden auf einer Platte anzureichern und somit den Kondensator aufzuladen. Aus diesem Grund kommen Superkondensatoren häufig für Anwendungen zum Einsatz, bei denen große Energiemengen in kurzer Zeit benötigt werden, oder für Geräte, die in der Lage sind, sich innerhalb weniger Minuten aufzuladen.

ANWENDUNGSBEREICHE

Dank ihrer hohen Kapazitäten und Ströme können Superkondensatoren für Energiespeicherlösungen eingesetzt werden, die sich auf kleinem Raum installieren lassen. Werden sie als Hilfsstromquellen zur Reduzierung von Spitzenströmen eingesetzt, können Einsparungen bei der Stromversorgung erzielt werden. Und sie können kurzzeitig große Leistungen schnell zur Verfügung stellen.

Einige Beispiele sind:

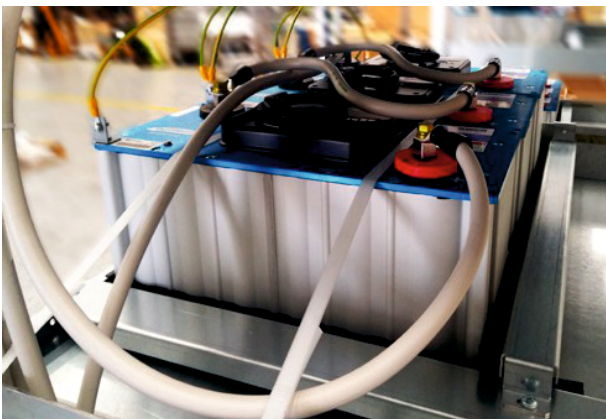
- Bremsen von Bahnen mit Rückspeisung: die kinetische Energie beim Bremsen von Zügen kann direkt in die Hauptantriebsleitung gespeist werden, die den Zug beim Beschleunigen antreibt. Anstatt verloren zu gehen, wird der Energieüberschuss in Superkondensatorbatterien gespeichert, die in Speichern zur Versorgung anderer kritischer Lasten angeordnet sind.
- Diagnoseausrüstung in Krankenhäusern: viele radiologische Geräte sind durch große kurzzeitige Stromaufnahmen - die Untersuchungszeit - gekennzeichnet, die von Zeiten mit geringerer Stromaufnahme durchsetzt sind. Durch die Einführung von Superkondensatorbatterien können die dem Stromnetz entnommenen Leistungsspitzen eingedämmt werden, um so eine Überdimensionierung der Stromversorgungssysteme zu vermeiden.
- Verbesserung der Qualität der Elektrizitätsversorgung: unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen werden üblicherweise in Umgebungen mit kritischen Lasten mit wechselnden Leistungsentnahmen und kurzzeitigen Spitzen betrieben. Durch die Einführung von Superkondensatorbänken kann die USV-Anlage optimiert werden, um kurzzeitig, bis zum Schnellstart einer Netzersatzanlage, die Stromversorgung sicherzustellen.
- Anwendungen im Bereich erneuerbare Energien: bei photovoltaischen Solaranwendungen müssen die Batterien alle 3 - 7 Jahre ausgetauscht werden, da ihre Leistung nachlässt. Superkondensatoren laden und entladen schnell und unterstützen vielfache Ladezyklen, so dass sie nur alle 20 Jahre

WARUM SUPERKONDENSATOREN EINSETZEN?

In kritischen Umgebungen, wie modernen Rechenzentren oder bei elektromedizinischen und industriellen Anwendungen, reicht die Überbrückungszeit einer USV mit konventionellen Batterien zur Lösung einiger der häufigsten Fehlerprobleme beim Starten des Netzersatzaggregates, wie z.B. eine Kraftstoffblockade oder eine Störung der Starterbatterie auch nicht aus. Daher genügen hier kurze Überbrückungszeiten, die mit Superkondensatoren günstig zu erzielen sind. Diese stellen die Energie der USV, anstelle der Batterien, bis zum normalen Start der Netzersatzanlage zur Verfügung.

- Ein Rechenzentrum kann 3 bis 6 Stunden benötigen, um seinen Betrieb an einen Spiegelstandort zu übertragen oder abzuschalten.
- Medizinische elektrische Anlagen benötigen eine sichere und kontinuierliche Energieversorgung, um lebensrettende Dienstleistungen gewährleisten zu können.
- Automatisierte Produktionsprozesse erfordern eine unterbrechungsfreie Stromversorgung, um einen Ausfall von Maschinen oder Ausrüstung zu verhindern.

In jedem dieser und vielen anderen Fällen ist ein, von einer USV-Anlage mit Superkondensatoren unterstütztes, Netzersatzaggregat die effizienteste und effektivste Lösung.



Die Vorteile eines Superkondensators sind u.a.:

- Hohe Leistungsdichte
- Sofortiges Laden/Entladen
- Sehr langsame Alterung
- Unempfindlichkeit gegenüber Temperaturschwankungen
- Keine giftigen und entflammenden Komponenten
- Lebensdauer bis zu 20 Jahren oder 1.000.000 Ladezyklen
- Eine lange Lebensdauer bedeutet auch eine Verringerung der Entsorgungskosten und eine Reduzierung der Umwelteinflüsse

Andererseits hat er folgende Nachteile:

- Geringe Energiedichte bedeutet, dass häufiges Nachladen erforderlich ist
- Die Kosten sind immer noch recht hoch, teilweise aufgrund der verwendeten Materialien, bei denen es sich im Wesentlichen um Kohlenstoff und Graphen handelt.

KOSTEN

Das Haupthindernis zur breit angelegten Einführung von Superkondensatoren in unterbrechungsfreien Stromversorgungsanlagen liegt in den hohen Einstiegskosten. Um den aktuellen Stand der Nutzung von Superkondensatoren im Vergleich zu normalen Batterien zu verstehen, ist eine Analyse der Lebenszykluskosten und ein Vergleich der Anlagenrentabilität (ROI) erforderlich.

Die nachstehende Hypothese bezieht sich auf:

- einen Energiebedarf von 5 kW für 20 Sekunden
- die Berechnung beruht auf den zusätzlich anfallenden Kosten für ein System mit Superkondensatoren
- die Annahme, dass die Einstiegskosten der Batterie Null sind
- die Annahme, dass die Kosten für den Austausch des Superkondensators und der Batterie dem Ausgangspreis entsprechen (Hardwarekosten 100%)
- die Aufrechterhaltung eines optimalen Batteriezustands und den Schutz der Last durch USV-Anlagen von 20 Jahren eine Batteriewartung alle 2 Jahre und bei Superkondensatoren alle 10 Jahre

Capex bei USV Systemen: Superkondensatoren vs. Bleibatterien			
Lösungsansätze für:			
5 KW Leistung für 20s Autonomie $U_{\max} 300V - U_{\text{Nenn}} 240V - U_{\min} 160V$			
Prognostizierte Kosten für Anschaffung und Instandhaltung			
USV Schutz für 20 Jahre			
<u>Supercaps</u>		<u>Batterien</u>	
Anzahl Supercaps	6	Anzahl Batterien	20
Stückkosten	405 €	Stückkosten	0 €
Anschaffungskosten	2.430 €	Anschaffungskosten	0 €
Wartungsperiode	alle 10 Jahre (1 x)	Wartungsperiode	alle 2 Jahre (9 x)
Einfache Wartungskosten	442 €	Einfache Wartungskosten	442 €
Gesamtwartungskosten	442 €	Gesamtwartungskosten	3.978 €
Auswechseln	1 x	Auswechseln	3 x
Materialkosten	100%	Materialkosten	100%
Austauschkosten	884 €	Austauschkosten	884 €
Gesamtaustauschkosten	884 €	Gesamtaustauschkosten	2.652 €
Entsorgung	85 €	Entsorgung	384 €
Entsorgung gesamt	85 €	Entsorgung gesamt	1152 €
Gesamtkosten 3.841 €		Gesamtkosten 7.782 €	
Ersparnis 3.941 €			

Abbildung 2: Batteriegebrauchsdauer gegenüber der Gebrauchsdauer von Superkondensatoren. Kosten der USV-Anlage nicht mitgerechnet.

In dieser zweiten Hypothese wird davon ausgegangen, dass eine Last 30 Jahre von USV-Anlagen geschützt werden soll. Die USV-Kosten werden nicht berücksichtigt, da diese für beide Anwendungen gleich hoch sind, und dass der Preis der Superkondensatoren während der ersten erforderlichen Austauschperiode um die Hälfte zurückgegangen ist.

Capex bei USV Systemen: Superkondensatoren vs. Bleibatterien			
Lösungsansätze für:			
5 KW Leistung für 20s Autonomie $U_{\max} 300V - U_{\text{Nenn}} 240V - U_{\min} 160V$			
Prognostizierte Kosten für Anschaffung und Instandhaltung			
USV Schutz für 30 Jahre			
<u>Supercaps</u>		<u>Batterien</u>	
Anzahl Supercaps	6	Anzahl Batterien	20
Stückkosten	405 €	Stückkosten	0 €
Anschaffungskosten	2.430 €	Anschaffungskosten	0 €
Wartungsperiode	alle 10 Jahre (2 x)	Wartungsperiode	alle 2 Jahre (14 x)
Einfache Wartungskosten	442 €	Einfache Wartungskosten	442 €
Gesamtwartungskosten	442 €	Gesamtwartungskosten	6.188 €
Auswechseln	2 x	Auswechseln	5 x
Materialkosten	50%	Materialkosten	100%
Austauschkosten	884 €	Austauschkosten	884 €
Gesamtaustauschkosten	884 €	Gesamtaustauschkosten	4.420 €
Entsorgung	85 €	Entsorgung	384 €
Entsorgung gesamt	170 €	Entsorgung gesamt	1.920 €
Gesamtkosten 4.368 €		Gesamtkosten 12.528 €	
Ersparnis 8.160 €			

Abbildung 3: Schlechtere Batteriegebrauchsdauer gegenüber den Gebrauchsdauererwartungen von Superkondensatoren. Kosten der USV-Anlage nicht mitgerechnet.

Betriebsgesamtkosten (TCO) Superkondensatoren vs. Batterien		
200 kW USV Austausch der Batterien alle 3 Jahre		
Batterien	Flywheel	Supercaps
Anforderungen 15 Jahre Betriebsdauer Leistung: 200kW Autonomie 15s	Anforderungen 15 Jahre Betriebsdauer Leistung: 200kW Autonomie 15s	Anforderungen 15 Jahre Betriebsdauer Leistung: 200kW Autonomie 15s
Temperaturempfindlich Typische Nutzbarkeit: 5 Jahre Erhaltungsspannung: 545V Min. Spannung: 384V Autonomie: 30 Sek	Temperaturunempfindlich Typische Nutzbarkeit: 15 Jahre Erhaltungsspannung: 560V Min. Spannung: 440V Autonomie: 30 Sek	Temperaturunempfindlich Typische Nutzbarkeit: 15 Jahre Erhaltungsspannung: 600V Min. Spannung: 330V Autonomie: 30 Sek
Anfangskosten* 15.190€ Jährl. Kosten** 3.976 €	Anfangskosten 42.891 € Jährl. Kosten** 1.912 €	Anfangskosten 53.613 € Jährl. Kosten** 491 €
Gesamtkosten 70.854 €	Gesamtkosten 69.659 €	Gesamtkosten 60.487 €
		Ersparnis 10.367 € (Ca. 15 %)

* beinhaltet € 8.935 für das Überwachungssystem
** beinhaltet Raum-, Stromkosten, Wartung und Austausch

SUPERKONDENSATOREN UND NANO-TECHNOLOGIE

Die außergewöhnliche Kapazität von Superkondensatoren beruht im Wesentlichen auf der enorm großen Oberfläche der Platten, aus denen sie bestehen, die derzeit zumeist aus Aktivkohle hergestellt werden. Aktivkohle hat jedoch eine niedrige Spannung und unterliegt geometrischen Beschränkungen, was dazu führt, dass die meisten ihrer Hohlräume für elektrolytische Ionen unzugänglich sind.

Zahlreiche Forschungsarbeiten konzentrieren sich auf die Entwicklung von Superkondensatoren in Kombination mit Nanotechnologie. Einige Studien deuten an, dass die Herstellung von Prototypen möglich ist, die aus Millionen von mikroskopisch kleinen Fäden bestehen, die mit Materialien beschichtet sind, die Elektronen viel schneller transportieren - wodurch sich die Wiederaufladezeiten verringern - und die mit kapazitiven Nanomaterialien beschichtet sind, um eine höhere Dichte zu erzielen und somit eine größere Speicherung von Energie und Leistung zu ermöglichen.

Das Ziel ist es, eine neue Struktur von Nanoröhren - tendenziell aus Kohlenstoff - zu erhalten, die in der Lage ist, die Energiedichte von Superkondensatoren deutlich zu erhöhen und dabei die gleichen Leistungseigenschaften zu garantieren. Mit anderen Worten, wir möchten platzsparende und kompaktere Geräte bekommen.

SUPERKONDENSATOREN SIND UMWELT-FREUNDLICHE BAUTEILE

Dank der hohen Anzahl von Lade-Entladezyklen hat der Superkondensator eine mit der USV-Anlage vergleichbare Lebensdauer. Sein außergewöhnlich geringer Innenwiderstand (ESR) und die daraus resultierende hohe Zykleneffizienz (95% oder mehr) tragen zu einer geringeren Wärmezeugung bei und machen es möglich, weniger, einfachere und billigere Kühlsysteme zu verwenden.

PROGNOSEN

Superkondensatoren sind somit ein sehr wichtiges Thema bei der Speicherung von Energie. Umfangreiche, weltweite Forschungen ergeben erfolgreiche Entwicklungen. Es gibt Stimmen, die prognostizieren, dass Superkondensatoren innerhalb der nächsten 15 Jahre bis zu 50 % des heutigen Marktanteils von Li-Ion-Anwendungen übernehmen können.

