

## DESCRIZIONE TECNICA

I supercondensatori (SC), spesso chiamati condensatori elettrochimici o condensatori a doppio strato, sono dispositivi in grado di accumulare energia elettrica in forma elettrostatica [1]. L'utilizzo di elettrodi composti da materiali con un'elevata superficie utile e la minima distanza tra i due elettrodi permettono di ottenere una capacità enormemente superiore rispetto ai tradizionali condensatori. La limitata distanza tra i due elettrodi comporta però una limitazione della tensione applicabile tra i due elettrodi, quindi una riduzione dell'energia immagazzinabile.

Nei supercondensatori l'accumulo di energia elettrica avviene mediante un processo fisico facilmente reversibile e molto rapido di carica e scarica del doppio strato e non si hanno processi chimici di ossidoriduzione. In tal modo durante la scarica, non realizzandosi un processo chimico lento, le cariche elettriche possono spostarsi in modo molto veloce. Per questo motivo tale tecnologia è utilizzata in applicazioni prettamente in potenza.

Non essendo gli elettrodi direttamente coinvolti in reazioni chimiche la prospettiva di vita dei componenti è molto maggiore di quella degli accumulatori elettrochimici.

Allo stato attuale sono presenti vari tipi di supercondensatori che si differenziano per i materiali utilizzati negli elettrodi ed elettrolita. I materiali di cui possono essere composti gli elettrodi sono carbonio, ossidi metallici o polimeri conduttivi, mentre l'elettrolita può essere composto da materiale organico acquoso o solido. La tecnologia con prestazioni per ora migliori è quella dei supercondensatori litio-ioni (LIC, Lithium-Ion Capacitors) che raggiungono tensioni di cella superiori e consentono quindi di avere una densità di energia maggiore.

## STATO DI AVANZAMENTO

### Internazionale

Secondo il database del DOE [2] in Europa, ad oggi, sono presenti più di 4.65 MW installati di supercondensatori distribuiti su 4 differenti impianti ([3]-[6]). La maggior parte della potenza installata è situata in Spagna.

In tutti i casi i supercondensatori fanno parte di un sistema di accumulo ibrido più grande, costituito in parte da batterie.

### Nazionale

- A livello nazionale non sono attualmente presenti sistemi di accumulo di grossa taglia che utilizzano la tecnologia dei supercondensatori ma sono presenti piccoli progetti (dell'ordine delle decine di kW) per applicazioni ferroviarie.
- Terna sta progettando un impianto pilota da 1 MW che sarà realizzato nei prossimi anni.

## TRL (TECHNOLOGY READINESS LEVEL)

Il livello di TRL dei supercondensatori è tra 5 e 6. I sistemi di accumulo che utilizzano tale tecnologia sono di nuova costruzione, spesso parte di progetti pilota, e devono essere ancora valutati i vantaggi per la rete o per l'utente.

Lo sviluppo di questa tecnologia dipende fortemente dalla ricerca che si effettua sui materiali utilizzati per gli elettrodi ed elettrolita.

## RELAZIONE CON LE FONTI ENERGETICHE

I supercondensatori come tecnologia di accumulo sono potenzialmente integrabili dal punto di vista elettrico con tutte le fonti energetiche. Sono spesso integrati ad un altro sistema di accumulo per sopperire alle forti variazioni di produzione o carico elettrico (dovute all'aleatorietà) in tempi molto rapidi.

## ■ VERSATILITÀ (CAPACITÀ DI IMPATTARE SU PIÙ SETTORI)

Una delle applicazioni della tecnologia è nella Power Quality in zone della rete soggette a forti variazioni di tensione (buchi di tensione o flickers). Il beneficio apportato risulta importante non solo per il distributore (soggetto a eventuali sanzioni se non rispetta certi livelli di qualità dell'energia fornita) ma anche per la qualità della vita per l'utente (miglior servizio).

## ■ POTENZIALE DI DIFFUSIONE IN AMBITO NAZIONALE

La tecnologia non è potenzialmente legata al territorio nazionale, ma può essere considerata più redditizia in aree con forti flussi energetici puntuali.

## ■ IMPATTO E SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Le potenzialità di impatto ambientale della tecnologia sono essenzialmente legate alla produzione di sistemi e all'eventuale leakage di materiali pericolosi in utilizzo o dismissione.

### Emissioni CO<sub>2</sub>/MWh evitate

Nell'ambito dell'integrazione dei sistemi di accumulo con le fonti energetiche rinnovabili, le emissioni di CO<sub>2</sub>/MWh evitate con la tecnologia di supercondensatori potrebbero corrispondere alle emissioni di CO<sub>2</sub>/MWh prodotte da altre fonti energetiche non rinnovabili che si avrebbero in alternativa.

Un altro caso è il recupero dell'energia di frenatura dei mezzi di trasporto che anziché essere dissipata può essere accumulata dai supercondensatori per poi essere riutilizzata. In questo caso le emissioni di CO<sub>2</sub>/MWh evitate sono pari a quelle che si avrebbero acquisendo l'energia accumulata dai supercondensatori da altre fonti (come ad esempio la benzina in un veicolo a combustione interna).

## ■ EFFICIENZA, TEMPO DI VITA E RENDIMENTO PREVISTI

I supercondensatori hanno un'efficienza energetica che può variare dall'85% al 98% in funzione di ogni particolare tecnologia. L'efficienza amperometrica è circa 100% perché le correnti di autoscarica possono essere trascurate nel periodo di un ciclo di carica e scarica a corrente nominale. Il numero di cicli vita attesi, considerando una variazione di tensione tra il valore massimo e la sua metà, è superiore a 500000.

La capacità faradica può arrivare a migliaia di Farad, numerosi ordini di grandezza superiore a quella dei condensatori normali. L'energia specifica è relativamente piccola (fino a qualche decina

di Wh/Kg) ma la potenza specifica è molto più elevata rispetto alle batterie (da 300 a 10000 W/Kg).

Dai dati forniti si deduce che le applicazioni per cui sono utilizzati i supercondensatori sono tipicamente in potenza.

## ■ PAYBACK TECNOLOGICO, DI INVESTIMENTO E DI OPERATION AND MAINTENANCE PREVISTO

I supercondensatori, avendo cicli di vita molto elevati, hanno un costo di Maintenance praticamente nullo. L'unico costo di Operation è dovuto all'autoscarica (che scarica completamente i supercondensatori in qualche giorno) e dipende dal costo dell'energia elettrica necessaria per ricaricarli.

## ■ PRINCIPALI OSTACOLI ALLO SVILUPPO

I principali ostacoli allo sviluppo sono:

- costo ancora elevato della tecnologia
- assenza di un quadro regolatorio che riconosca i benefici di servizi di inerzia sintetica e di Power Quality.

## POSSIBILI RICADUTE PER IL SISTEMA INDUSTRIALE, DEI TRASPORTI, RESIDENZIALE E NEL TERZIARIO

Le applicazioni dei supercondensatori nel settore dei trasporti sono molto promettenti. Sono in corso numerosi studi per applicazioni su veicoli elettrici o a combustione interna, treni, metro ecc. Le applicazioni dei supercondensatori nel settore dei trasporti sono molto promettenti. Sono in corso numerosi studi per applicazioni su veicoli elettrici o a combustione interna, treni, metro ecc. [7].

L'obiettivo è di recuperare l'energia dissipata durante la frenata. I supercondensatori, in questo caso, sono la tecnologia più adatta grazie alla loro caratteristica di potenza specifica.

L'utilizzo dei supercondensatori potrebbe contribuire a ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> prodotte dai veicoli a combustione interna, massimizzare l'efficienza dei veicoli elettrici ed evitare sovratensioni sulle linee ferroviarie quando l'energia recuperata viene reimpressa in linea.

## MAGGIORI ATTORI ITALIANI COINVOLTI

### Utilizzo della tecnologia

Attori italiani che hanno utilizzato recentemente la tecnologia in alcuni piccoli progetti sono le RFI (Rete Ferroviaria Italiana SpA) e Ferrovie Nord per il recupero di energia durante le frenate dei treni nelle sottostazioni.

### Sviluppo della tecnologia

- EAS SpA è impegnata nello sviluppo di moduli LIC (capacitori litio-ioni) con prestazioni in potenza e autonomia superiore ai supercondensatori.

## ECCELLENZE IN TERRITORIO NAZIONALE

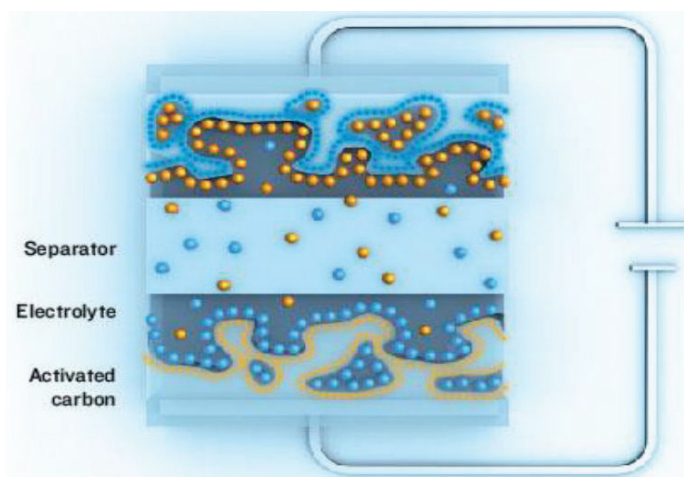
Gli enti di ricerca presenti nel territorio nazionale che si occupano di sviluppo e ottimizzazione della tecnologia sono vari:

- **RSE**: studio delle caratteristiche prestazionali, prove di vita, integrazione in sistemi di accumulo [8].
- **ENEA**: studio di sistemi avanzati per applicazioni industriali e di sistemi di accumulo misti (batterie + supercondensatori); sviluppo di nuovi materiali e componenti innovativi per mezzi di trasporto
- **CNR**: studio e ottimizzazione di materiali e sistemi

La ricerca è compiuta anche da alcuni centri Universitari tra cui si annovera l'Università di Padova e il Politecnico di Milano.

## BEST PRACTICES

Endesa ha installato un sistema di supercondensatori da 4 MW per 5 secondi sull'isola La Palma (Canarie). Il sistema è integrato in un sistema di accumulo più grande composto da varie tecnologie come le batterie litio-ioni e i volani. L'obiettivo di questo progetto dimostrativo è quello di migliorare l'affidabilità del sistema elettrico e la Power Quality su una porzione di rete particolarmente critica come può essere appunto un'isola.



Struttura della cella di un supercondensatore

## BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- [1] RSEview (2011). L'accumulo di energia elettrica. IL MELOGRANO
- [2] <http://www.energystorageexchange.org/projects>
- [3] <http://www.endesa.com/EN/SALADEPRENSA/NOTICIAS/energy-storage-plants-STORE-Project>
- [4] <http://www2.schneider-electric.com/sites/corporate/en/products-services/energy-distribution/r-d-projects/ferro-smart-grid.page>
- [5] <http://old.wininertia.es/en/ferrolinera-2/>
- [6] [http://www.renewable-energy-industry.com/press-releases/press-releases\\_detail.php?changeLang=en\\_GB&newsid=4986](http://www.renewable-energy-industry.com/press-releases/press-releases_detail.php?changeLang=en_GB&newsid=4986)
- [7] M. Brenna, F. Foadelli, E. Tironi, and D. Zaninelli, "Ultracapacitors application for energy saving in subway transportation systems", IEEE 2007
- [8] R. Lazzari, E. Micolano, L. Pellegrino, "Sviluppo di un sistema per la stima dello stato di carica (SOC) e dello stato di salute (SOH) di una batteria litio-ioni, procedura di gestione ottimale delle batterie litio-ioni", Rapporto RdS 15000247, RSE, 2015