

Sistemi avanzati di accumulo di energia

Scenario di riferimento

La richiesta di sistemi di accumulo nelle reti elettriche sta crescendo notevolmente di pari passo con l'evoluzione tecnica ed economica del sistema di generazione, distribuzione e usi finali dell'energia elettrica. I sistemi elettrici stanno evolvendo verso un più ampio uso di tecnologie digitali (smart grids) per una crescente integrazione di una varietà di fonti primarie (generazione distribuita, GD). Un maggiore controllo delle fasi di produzione e della domanda di energia, anche nell'ottica di un mercato aperto e libero nella commercializzazione dell'energia elettrica, sta rendendo le tecnologie dell'accumulo sempre più promettenti e utili per migliorare il rendimento, la gestione, la qualità e i costi. Tali soluzioni saranno sempre più rilevanti alla luce della previsione di un crescente ricorso alle fonti rinnovabili a seguito dell'attuazione della Direttiva comunitaria 2009/28/CE.

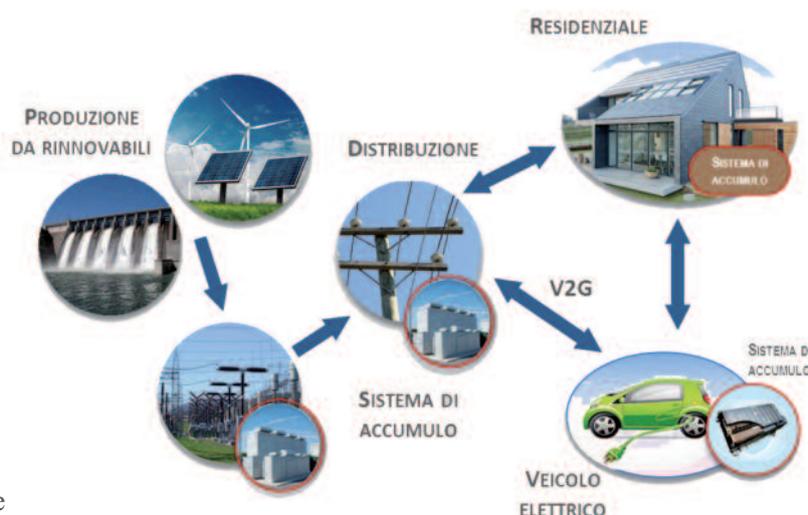
In aggiunta, lo sviluppo di una rilevante flotta di veicoli elettrici in grado di svolgere anche una funzione, eventualmente, di accumulo distribuito, richiede che tali veicoli siano dotati di un sistema di accumulo con caratteristiche tali da poter interloquire in maniera intelligente con il sistema elettrico.

Questo progetto intende promuovere la disponibilità industriale di batterie al litio e valutare in condizioni di reale utilizzo le soluzioni più convenienti da un punto di vista tecnologico ed economico, sia per l'utente finale che per il settore industriale e il gestore/fornitore del servizio, in linea con quanto previsto dal Piano Triennale della Ricerca di Sistema Elettrico Nazionale: "La realizzazione industriale di sistemi di accumulo di ener-

gia elettrica a basso costo, con un rapporto peso/volume/capacità tale da permettere una buona autonomia e con materiali non eccessivamente inquinanti, pur se lungamente annunciata, rappresenta tuttora un obiettivo d'interesse strategico da perseguire. Non mancano in questo settore molte interessanti prospettive che, se realizzate, potrebbero contribuire ad una migliore gestione del sistema di generazione accumulo-trasmissione-distribuzione dell'energia elettrica, oltre al minor inquinamento, soprattutto dei centri urbani".

L'accumulo di energia è considerato da circa un secolo come uno dei principali sistemi in grado di aumentare la flessibilità e l'efficienza delle reti elettriche. I sistemi di accumulo presentano numerosi vantaggi in relazione alle molteplici funzioni che sono in grado di svolgere nell'intero sistema elettrico, giacché possono essere utilmente collocati a livello del sistema di generazione (impianti multiMW), della rete di trasmissione e distribuzione fino agli usi finali, e posti in modo sempre più economicamente ed energeticamente conveniente da ambo i lati del "contatore".

Negli ultimi anni sono state sviluppate e applicate tecnologie quali: accumulo di acqua in bacini di pompaggio; volani (flywheels), accumulo di aria compressa in caverne (compressed air energy storage, CAES); magneti superconduttori (superconducting magnets energy storage, SMES); batterie elettrochimiche; supercondensatori; accumulo di energia termica e, più recentemente, accumulo di idrogeno in abbinamento con le celle combustibile.



La forma più diffusa di accumulo dell'energia elettrica (non però per le reti elettriche), particolarmente indicata per applicazioni di alta potenza e di bassa energia, è certamente quella elettrochimica (batterie e supercondensatori). Tuttavia gli accumulatori elettrochimici presentano prestazioni (in termini di capacità di accumulo e di caratteristiche di ricarica) limitate e decrescenti con il numero di cicli di carica/scarica. Diverse soluzioni sono state proposte e utilizzate, ma ulteriori attività di ricerca e di validazione sperimentale in applicazioni reali alle reti elettriche con fonti rinnovabili si rendono necessarie, in modo da coprire diverse taglie di applicazioni e differenti funzioni. Le batterie più interessanti sono attualmente quelle al litio, ad alta temperatura e a flusso. Inoltre possono aggiungersi i supercondensatori e, in minor misura, la produzione e l'accumulo di idrogeno per un uso successivo con le celle a combustibile.

Questi dispositivi elettrochimici hanno finora avuto un limitato sviluppo per le applicazioni nelle reti elettriche con la messa in servizio di alcuni impianti di taglia medio-grande (fino a decine di MW, basati principalmente su batterie convenzionali al piombo e qualche applicazione di batterie sodio-zolfo ad alta temperatura in Giappone e Stati Uniti).

L'ENEA è impegnata da oltre 20 anni nella ricerca e nello sviluppo di batterie al litio, in collaborazione con alcuni istituti universitari. Nell'ultimo decennio ha coordinato e svolto due programmi nazionali, con il Ministero della Ricerca Scientifica, per la ricerca e lo sviluppo di batterie al litio per applicazioni mobili nei veicoli elettrici e nell'elettronica di consumo. Inoltre, è da anni impegnata in progetti europei per la ricerca, lo sviluppo e la caratterizzazione di batterie al litio per applicazioni prevalentemente mobili. L'ENEA rappresenta l'Italia nell'alleanza europea EERA e partecipa a iniziative internazionali dell'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA). Infine, l'ENEA è coinvolta in alcuni progetti di Industria 2015 che riguardano l'uso delle batterie al litio e supercondensatori, ma non è prevista alcuna specifica attività per l'uso in smart grid con fonti rinnovabili.

Obiettivi

L'obiettivo generale di questo progetto è la ricerca, la realizzazione e la verifica sperimentale di sistemi di accumulo elettrochimico a base di litio in applicazioni stazionarie, adeguatamente individuate, con particolare attenzione all'integrazione delle fonti rinnovabili, che, una volta sviluppate industrialmente, presentino caratteristiche tecniche ed economiche migliori rispetto ai sistemi attualmente disponibili sul mercato. Si pensa di raggiungere l'obiettivo mediante un approccio sistemico che consenta di sviluppare non solo le batterie al litio, ma anche le tecnologie d'integrazione e interfaccia con

la rete, nella prospettiva di un notevole incremento dell'utilizzo di fonti rinnovabili (intermittenti) e, eventualmente, dell'introduzione di una crescente flotta di veicoli a trazione elettrica. Sono state inoltre selezionate opportune applicazioni dimostrative originali. Infine, sono stati scelti materiali con ridotto o nullo impatto ambientale, mentre durante e alla fine dell'uso delle batterie al litio si è valutata sperimentalmente la possibilità di una "seconda vita applicativa nelle reti" per le batterie usate nei veicoli elettrici.

Risultati

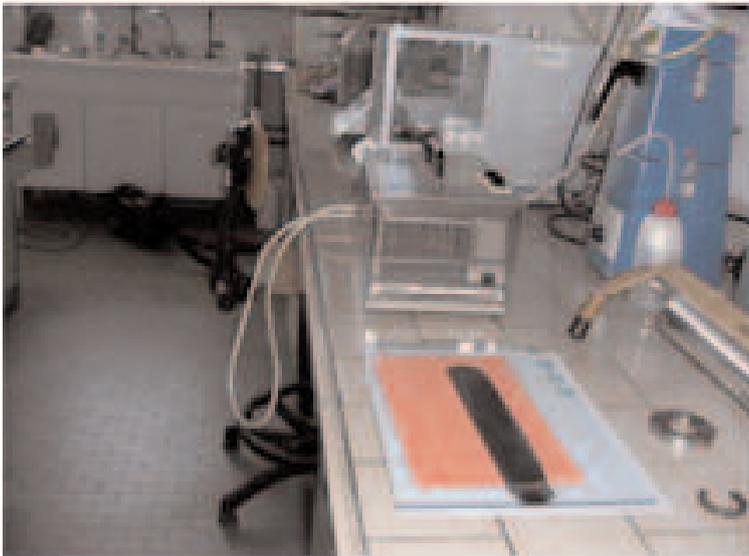
Sulla base di un'analisi teorico-sperimentale, condotta nel 2010 sul tema dell'accumulo elettrico con supercondensatori e batterie e dell'utilizzo dell'accumulo nei settori di applicazione, e sulla realizzazione di installazioni sperimentali pilota, è stata selezionata, tra le tecnologie più promettenti, quella delle batterie al litio. Sono stati quindi individuati i limiti attuali e le principali necessità per tale tecnologia: ricerca di base per individuare materiali e disegni di cella più interessanti; sviluppo tecnologico per definire le potenzialità applicative ed eventuali limitazioni ambientali; miglioramento economico per ridurre i costi e gli impatti delle varie fasi, dalla produzione all'applicazione fino al riciclaggio finale.

Ricerca su materiali e processi per la realizzazione di materiali catodici con prestazioni migliorate

L'attività ha previsto la ricerca di materiali catodici per celle al litio particolarmente adatti per le applicazioni nelle reti elettriche. I materiali sono stati scelti per rispondere ad esigenze di alte prestazioni (potenza ed energia), basso costo e basso impatto ambientale. L'attenzione si è concentrata su materiali catodici del tipo LiFePO_4 , opportunamente drogato con diversi composti, che hanno consentito di ottenere prestazioni molto promettenti in termini di capacità specifica e di efficienza durante i cicli di carica e scarica a vari regimi. La composizione dei catodi è stata ottimizzata e resa di-



Preparazione di elettrodi anodici a forma circolare per realizzazioni di celle nei laboratori ENEA



Esempio di preparazione di anodi nei laboratori ENEA

sponibile per le prove in celle da laboratorio. Tutti i materiali sviluppati sono stati caratterizzati in laboratorio con analisi chimiche, fisiche ed elettrochimiche.

Ricerca su materiali e processi per la realizzazione di materiali anodici con prestazioni migliorate

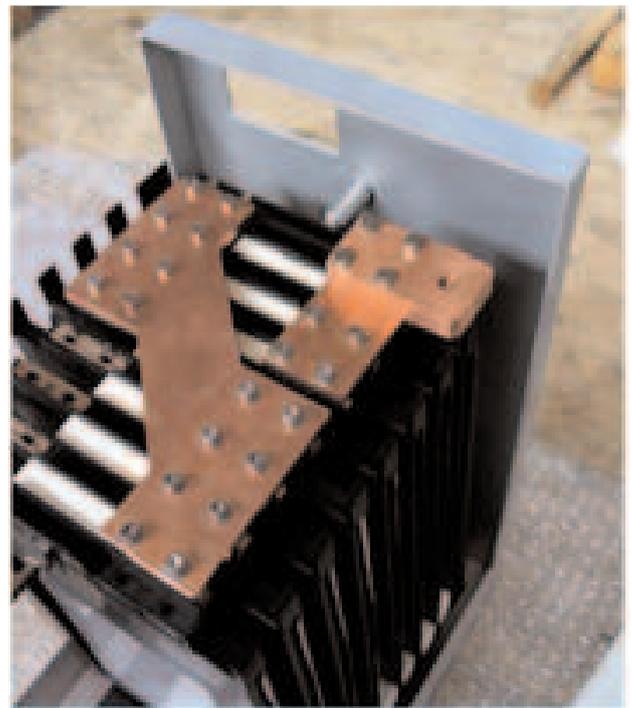
L'attività, in analogia con quella sopra citata, ha riguardato la ricerca di materiali anodici per celle al litio. I materiali sono stati scelti tra quelli più convenzionali (le grafiti e composti del carbonio) e quelli più innovativi (ossidi metallici del titanio), migliorando le prestazioni degli anodi prodotti e mantenendo basso il costo e l'impatto ambientale. I materiali sono stati selezionati ed ottimizzati, con analisi chimiche, fisiche ed elettrochimiche. Inoltre con i materiali più interessanti sono stati costruiti e caratterizzati gli elettrodi in celle di riferimento.

Realizzazione e prova di celle complete da laboratorio

I materiali anodici e catodici sono stati assemblati in una cella completa di elettrolita (liquido e/o polimerico), opportunamente progettata in scala da laboratorio per la verifica delle prestazioni in condizioni operative prossime a quelle dell'uso finale. Una procedura di prove elettrochimiche è stata definita e concordata con RSE e CNR per verificare le prestazioni e selezionare i materiali finali.

Indagini preliminari su tecnologie di controllo ed interfaccia con la rete

Sono state analizzate le caratteristiche di alcune potenziali utenze con una valutazione delle necessità della rete e dell'utenza e con lo studio dell'interfaccia e delle logiche di gestione e controllo dei diversi componenti/sottosistemi di rete, nell'ottica di transizione verso una struttura di rete efficiente, flessibile, dinamica ed interattiva.



Porzione di batteria al litio per la funicolare di Bergamo

Progettazione e realizzazione di tecnologie di controllo ed interfaccia del sistema di accumulo in batterie al litio con la rete e con utenze particolari

L'attività si è concentrata sulla progettazione preliminare e di dettaglio con relativa acquisizione di tecnologie di controllo e gestione dell'interfacce verso la rete con l'esecuzione di prove di laboratorio con la validazione, mediante software specifici, delle logiche e strategie di controllo che comprendano protezione e automazione per reti di distribuzione in presenza di GD ed accumulo elettrico.



Laboratorio ENEA ad atmosfera controllata (camera secca) per la preparazione e la caratterizzazione di celle al litio

Validazioni sperimentali e dimostrazioni

L'attività ha portato al completamento della dimostrazione di batterie al litio installate sulla funicolare di Bergamo, con l'analisi completa dei risultati sperimentali. Inoltre, con l'utilizzo dell'impianto sperimentale realizzato presso l'ENEA, si è potuto ottimizzare e validare la strategia di gestione e controllo di supercondensatori utilizzati nei carriponte.

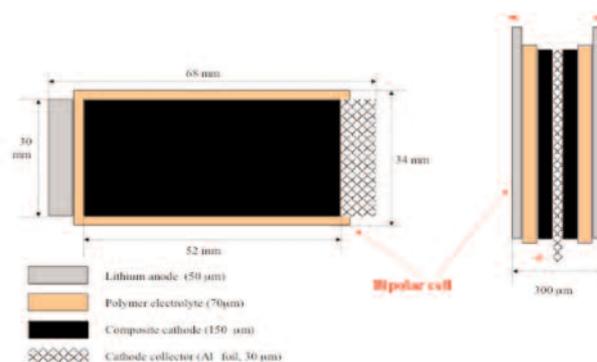
Indagini tecnologiche e valutazioni di impatto dei sistemi di accumulo

L'attività ha consentito una valutazione sulle applicazioni delle batterie al litio nelle reti elettriche, con un'indagine sui sistemi alternativi proposti in competizione. È stata inoltre effettuata una campagna sperimentale per la verifica del prolungamento della vita utile delle batterie al litio usate nei veicoli elettrici, in applicazioni stazionarie.

Comunicazione e diffusione dei risultati

L'obiettivo ha riguardato una maggiore integrazione con il CNR e RSE per il coordinamento delle attività sull'accumulo ed attività specifiche di comunicazione e diffusione dei risultati con la partecipazione a gruppi di lavoro internazionali.

Inoltre si è avuta la partecipazione attiva a iniziative internazionali quali: l'IEA su "Electric and Hybrid Vehicle Technologies and Programmes"; l'alleanza europea, promossa dalla CE, denominata EERA, contribuendo ai temi "Smart grids" e "Energy storage"; la nuova collaborazione scientifica e tecnologica promossa dal circuito COST (Cooperazione Scientifica e Tecnologica a livello europeo) sui sistemi ibridi che utilizzano batterie e supercondensatori.



Schema di cella al litio a configurazione bipolare

Area di ricerca: Governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale

Progetto 1.2.2: Sistemi avanzati di accumulo di energia

Referente: M. Conte, mario.conte@enea.it