

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

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 ed usi finali dell'energia elettrica. La necessità di garantire un maggiore controllo delle fasi di produzione, con l'introduzione massiva di fonti energetiche rinnovabili, per loro natura intermittenti, con quelle della domanda di energia anche nell'ottica di un mercato aperto e libero nella commercializzazione dell'energia elettrica, stanno rendendo le tecnologie dell'accumulo sempre più promettenti e utili per migliorare il rendimento, la gestione, la qualità e ridurre i costi dell'energia elettrica prodotta e utilizzata.

In aggiunta, la diversificazione dei combustibili nei trasporti stradali si va orientando sempre più verso un crescente utilizzo dell'energia elettrica con lo sviluppo di una rilevante flotta di veicoli elettrici in grado di svolgere una funzione non solo di carico della rete, ma anche, eventualmente, di accumulo distribuito. Questo progetto intende promuovere a livello industriale le 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 energia 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 di 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, con un posizionamento sempre più economicamente ed energeticamente conveniente da ambo i lati del “contatore”. Nel caso specifico della crescente integrazione delle fonti rinnovabili nelle reti elettriche, l'uso dei sistemi di accumulo può significativamente migliorare le prestazioni tecniche ed economiche delle smart grids in cui tali sistemi sono inseriti. In tal caso, ci sono altre funzioni, aggiuntive a quelle già note (power quality, peak shaving, regolazioni di tensione o frequenza ecc.), che i sistemi di accumulo possono svolgere per rendere ancora più favorevole l'utilizzo delle fonti rinnovabili.

Le molteplici funzioni sopra indicate richiedono sistemi e metodi di accumulo significativamente diversi. Negli ultimi anni, sono state sviluppate e applicate tecnologie appositamente studiate: accumulo di acqua in bacini di pompaggio; volani (flywheels); accumulo di aria compressa in caverne (CAES = compressed air energy storage); magneti superconduttori (SMES = superconducting magnets energy storage); batterie elettrochimiche; supercondensatori; accumulo di energia termica e, più recentemente, accumulo di idrogeno in abbinamento con le celle a 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). Diverse soluzioni sono

state proposte e utilizzate, ma sono necessarie ulteriori attività di ricerca e di validazione sperimentale in applicazioni reali alle reti elettriche con fonti rinnovabili, in modo da coprire diverse taglie di applicazioni e differenti funzioni. Le batterie più interessanti sono attualmente, oltre a quelle ormai convenzionali al piombo ed alcaline, quelle al litio, ad alta temperatura ed a flusso. Alcune di queste batterie (alta temperatura come le Zebra o quelle a flusso) sono state già oggetto di studio in precedenti Piani di Ricerca di Sistema, da parte principalmente di RSE.

Inoltre, stanno acquistando maggiore interesse e importanza per le applicazioni di elevata potenza e alto rendimento i supercondensatori ed, 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 batterie sodio-zolfo ad alta temperatura in Giappone e Stati Uniti).

L'ENEA è da oltre 20 anni impegnata nella ricerca e nello sviluppo di batterie al litio, in collaborazione con alcuni istituti universitari, nell'ambito di programmi e progetti nazionali ed internazionali, e nelle sue applicazioni ai veicoli elettrici. Nell'ultimo decennio l'ENEA 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, l'ENEA è da anni impegnata in progetti europei (tra gli altri, ASTOR, SCOPE, LIBERAL, ILHYPOS, ILLIBATT, HELIOS, HCV) 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 dell'IEA (Agenzia Internazionale dell'Energia).

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 migliorate 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 di integrazione ed interfaccia con la rete, nell'ottica di un notevole incremento delle fonti rinnovabili intermittenti, e, eventualmente, dell'introduzione di una crescente flotta di veicoli a trazione elettrica. Si prevede, pertanto, di selezionare opportune applicazioni dimostrative particolarmente significative ed originali (quale ad esempio, la "casa attiva", un sistema intelligente presso l'utente finale che possa attivamente colloquiare con il gestore della rete e rendere più flessibile il carico elettrico con l'accumulo e con fonti rinnovabili).

Le batterie al litio studiate verranno anche confrontate ed, eventualmente, integrate con altri sistemi di accumulo, tra cui i supercondensatori e l'accumulo termico, in modo da verificare le potenzialità applicative anche con verifiche sperimentali.

Infine si vuole porre particolare attenzione agli aspetti ambientali cercando di intervenire e di proporre soluzioni migliorative all'intera filiera, dalla produzione delle batterie al litio alle fasi di utilizzazione e riciclaggio finale. Nella fase di ricerca e produzione si sceglieranno materiali con ridotto o nullo impatto ambientale, mentre durante ed alla fine dell'uso delle batterie al litio si vuole valutare sperimentalmente la possibilità di garantire una "seconda vita applicativa nelle reti" alle batterie usate nei veicoli elettrici.

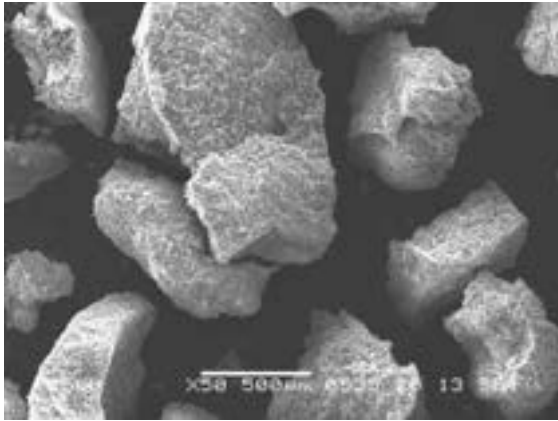
Risultati

Ricerca su materiali e processi per la realizzazione e prova di celle al litio con prestazioni migliorate

Sono proseguite le attività di ricerca fondamentale su nuovi materiali anodici e catodici, e relativi processi di preparazione, e su progetti di cella ottimizzati per batterie al litio, con l'introduzione di attività su materiali di nuovissima generazione (materiali anodici a base di grafene e di vari metalli, quali Sn, Si ecc., e composti catodici di fosfati di vari ossidi metallici) e su nuovi elettroliti: tutte le scelte



proposte hanno mirato ad individuare soluzioni sempre più promettenti, in termini di costi e prestazioni, per le applicazioni stazionarie di grossa taglia con una crescente attenzione alle specifiche necessità della rete elettrica nazionale, dividendo in questa fase tra prototipi ad alta energia o ad alta potenza.



Micrografia di un campione di materiale catodico (litio ferro fosfato) nei laboratori ENEA



Nastro anodico composito TiO_2 -carbone-PTFE ottenuto dall'ENEA dopo calandatura



Cella laminata sotto vuoto (ENEA)

Le attività di ricerca ed ottimizzazione sui materiali hanno portato alla selezione di materiali e processi completamente caratterizzati da un punto di vista chimico, elettrochimico e strutturale, ed alla realizzazione di film sottili in scala da laboratorio e di celle di prova, che hanno consentito di verificare le prestazioni dei campioni prodotti secondo procedure di prova sviluppate dal gruppo di coordinamento CNR-ENEA-RSE.

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

Sono stati progettati e realizzati due dispositivi, di taglia diversa compresa tra 10 e 20 kW, di controllo ed interfaccia del sistema di accumulo in batterie al litio con la rete e con utenze particolari. Questi dispositivi sono stati provati in diverse condizioni di utilizzo, simulate e reali. Un dispositivo è stato positivamente collaudato e provato per verificarne la piena funzionalità e poi utilizzarlo in un impianto dimostrativo con una batteria al litio appositamente dimensionata ed acquistata, mentre il secondo è stato realizzato per essere disponibile in un'applicazione smart grid nel Centro ENEA della Casaccia, che sarà oggetto di una campagna sperimentale nel prossimo anno di attività.

Verifiche sperimentali

Sono stati individuati i profili caratteristici da utilizzare per l'esecuzione di prove di celle al litio per la valutazione sperimentale della "second life". Alcune celle usate sono state recuperate presso alcuni utilizzatori e produttori di veicoli elettrici e sottoposte a prove di laboratorio. L'analisi sperimentale con l'uso dei vari profili selezionati sarà oggetto di complete prove di laboratorio in condizioni controllate.

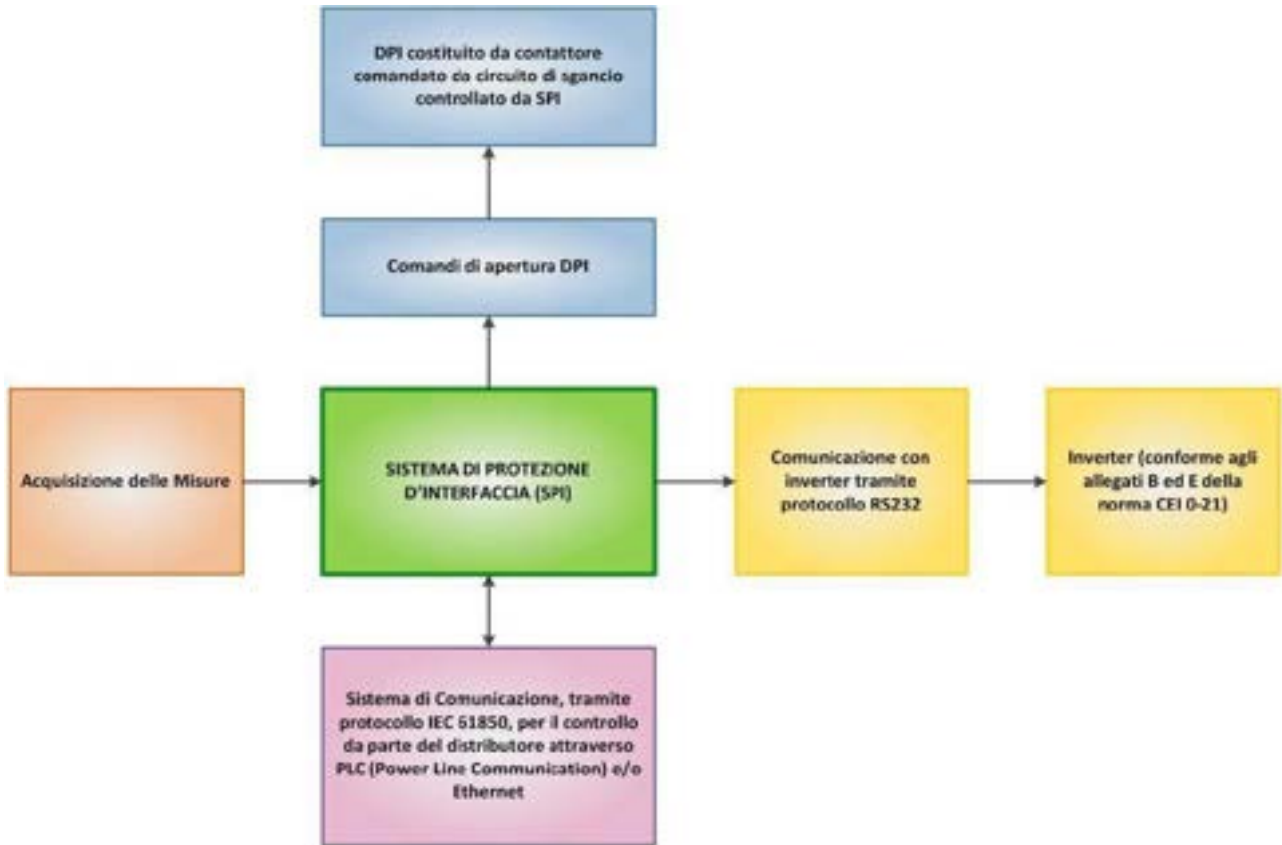
È stata inoltre eseguita la dimostrazione della "casa attiva" con la selezione e la realizzazione di un impianto sperimentale presso l'Università di Pisa e l'esecuzione di prove che hanno evidenziato i possibili utilizzi ed i vantaggi collegati all'integrazione delle fonti rinnovabili con sistemi di accumulo (sia elettrici che termici).

Infine è stato completato uno studio per valutare, in una visione sistemistica con enfasi

anche sui possibili riflessi economici, le possibilità offerte dall'utilizzo di sistemi di accumulo non elettrochimico di piccola taglia (dalle decine di chilowattora al megawattora) distribuiti quali, ad esempio, i piccoli impianti di pompaggio, mini CAES ecc., da utilizzare nella rete elettrica italiana per rendere programmabile lo scambio con la rete dell'energia prodotta da fonti rinnovabili.

Comunicazione e diffusione dei risultati

I risultati sono stati diffusi in eventi nazionali ed internazionali e mediante la pubblicazione di articoli su riviste scientifiche. Si è inoltre garantita la partecipazione italiana a diversi gruppi di lavoro internazionali in ambito IEA, CE (EERA e COST) e all'interno di progetti nazionali ed europei in corso, che risultano complementari alle attività svolte nella Ricerca di Sistema Elettrico.



Schema a blocchi semplificato dell'interfaccia di comunicazione con la rete elettrica (Università di Palermo)

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

Progetto 1.2.2: Sistemi avanzati di accumulo di energia

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

Novembre 2012

Documenti tecnici e aggiornamenti disponibili sul sito ENEA: www.enea.it