

Test e validazione sperimentale di nodi sensore per monitoraggio e diagnostica in-operando di celle batteria

Progetto di Ricerca

Quella delle batterie rappresenta una tecnologia fondamentale per raggiungere gli obiettivi definiti dalla Comunità Europea relativi alla piena e sostenibile diffusione della mobilità elettrica e all'implementazione della quota prevista su tutto il continente di macro e micro impianti di produzione e stoccaggio di energia da fonti rinnovabili. Ad oggi, tuttavia, nonostante la crescente sensibilità al tema dell'ambiente e dello sviluppo sostenibile, i veicoli elettrici e ibridi non sono ancora considerati dai cittadini come una soluzione del tutto affidabile, sicura e conveniente in termini economici, soprattutto sul breve/medio periodo dall'acquisto. Anche i sistemi di accumulo stazionario implementati in edifici privati non trovano ancora la diffusione prevista dai piani Europei.

Una delle cause che possono spiegare tali ritardi risiede nelle limitazioni ancora presenti nelle batterie per quanto riguarda la densità di energia e di potenza, l'affidabilità, il tempo di vita e la sicurezza. Da alcuni anni la ricerca europea ha indicato nella sensorizzazione a livello di singola cella batteria una delle strategie fondamentali per superare in modo significativo tali limitazioni, anche nel caso di tecnologie elettrochimiche già mature come quella basata sugli ioni di litio. La singola cella, grazie a nodi sensore posizionati localmente ed operanti in real-time, durante il normale funzionamento della cella (i.e., *in-situ* ed *in-operando*), in grado di fornire dati empirici multi-parametro (tensione, corrente, temperatura, strain, impedenza equivalente, etc.) deve trasformarsi in un vero e proprio Cyber-Physical System (CPS), nel quale le funzioni applicative tradizionali della cella sono affiancate da un flusso dati diretto in edge (i.e., al Battery Management System - BMS) e/o al cloud, dove tale informazione in tempo reale viene trasmessa, attraverso opportuni modelli/algoritmi, in stime dei principali parametri di stato quali State-of-Charge (SoC), State-of-Health (SoH), Remaining Useful Life (RUL), nonché in indicatori di possibili malfunzionamenti/eventi critici che riducono non solo il tempo di vita, ma possono compromettere il livello di sicurezza. In questo modo la cella può essere costantemente monitorata e strategie di gestione possono essere intraprese efficacemente dalla BMS allo

scopo di ottimizzare l'efficienza complessiva del pacco batteria, allungare il tempo di vita medio delle celle, preservare o addirittura innalzare il livello di sicurezza operativa, con ovvi vantaggi per l'utilizzatore, anche di natura economica

Il Gruppo di Ricerca EDM-Lab del Dipartimento di Ingegneria dell'Energia Elettrica e dell'Informazione "Guglielmo Marconi" - Università di Bologna - da diversi anni svolge attività di ricerca e collaborazione industriale nel campo della progettazione, implementazione e validazione sperimentale di nodi sensore miniaturizzati per il monitoraggio in tempo reale di celle batteria. In questo contesto, il Progetto si pone l'obiettivo fondamentale di definire, implementare ed eseguire tecniche ottime per il test, la valutazione delle prestazioni e la validazione sperimentale dei prototipi già sviluppati ed in corso di sviluppo nel contesto dei Progetti competitivi, nazionali ed internazionali, portati avanti da EDM-Lab. Tale attività di laboratorio ha il compito di verificare se e in quali termini il prototipo risponde alle specifiche di progetto (livello di accuratezza, tempo di misura, ripetibilità, affidabilità) quando applicato alla cella sottoposta sia a regimi standard di funzionamento, sia a sollecitazioni che possano portare ad eventi critici e/o invecchiamento accelerato.

Piano di Attività

Il Progetto ha come obiettivo la formazione tecnico/scientifica di un/una giovane ricercatore/ricce nel campo delle metodologie di test di nodi sensore orientati al monitoraggio di celle/moduli batteria in tecnologie mature quali quelle basate sugli ioni di litio. A tal fine il/la titolare dell'assegno potrà impiegare gli strumenti di laboratorio ed il software già disponibili nei laboratori presso EDM-Lab. Allo scopo di fornire tutte le conoscenze necessarie, e completare la preparazione di base del titolare dell'assegno è prevista, oltre ad un'assidua assistenza da parte dei tutor e degli altri ricercatori del gruppo EDM-Lab impegnati in questa attività di ricerca, anche la partecipazione a seminari specialistici o congressi anche in ambito internazionale.

La ricerca si svolgerà principalmente sulla base delle seguenti linee di azione:

- Studio dello stato dell'arte di: *i)* architetture di laboratorio ed integrate e relative tecniche per il monitoraggio real-time di pacchi/moduli/celle batteria; *ii)* principali metodologie e protocolli

standard per il test di celle batteria sia in condizioni operative nominali sia di stress; *iii*) metodologie di caratterizzazione di nodi sensore per l'applicazione di interesse.

- Studio e conoscenza operativa degli ambienti software utilizzati in EDM-Lab per la progettazione e la simulazione di nodi sensore
- Definizione delle procedure ottime per il test, la valutazione delle prestazioni e la validazione sperimentale di prototipi di nodo sensore sia su scheda sia di tipo integrato, con particolare riferimento ad architetture basate su EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy).
- Confronto delle prestazioni (accuratezza, ripetibilità, tempo di misura) dei prototipi con quelle fornite da strumenti di laboratorio allo stato dell'arte impiegati come riferimenti.
- Studio di possibili miglioramenti nelle procedure di calibrazione dei prototipi e di correzione dei dati sperimentali grezzi.
- Studio ed implementazione di metodologie per la stima ed espressione dell'incertezza di misura associata ai risultati forniti dai prototipi. Ricerca e stima delle principali sorgenti di incertezza, formulazione di proposte per il miglioramento delle architetture e degli algoritmi associati, con l'obiettivo della riduzione dell'incertezza di misura.