

MODELLI PER LA PREVISIONE DELLO STATO DI SALUTE DI BATTERIE AL LITIO E LORO CARATTERIZZAZIONE

Nicola Blasuttigh, Alessandro Massi Pavan

Università degli Studi di Trieste

Dipartimento di Ingegneria e Architettura

Negli ultimi anni, l'affidabilità e la durata delle batterie al litio sono diventate temi centrali nel campo dell'energia, soprattutto alla luce del ruolo sempre più importante che queste tecnologie rivestono nella mobilità elettrica e nei sistemi di accumulo per le rinnovabili. In questo contesto, uno degli aspetti più studiati è la possibilità di capire in anticipo come e quanto una batteria si stia degradando, cioè stimarne il cosiddetto stato di salute (SoH), con lo scopo di intervenire per tempo, aumentare la sicurezza e prolungare la vita utile dei sistemi di accumulo.

Presso l'Università di Trieste, le attività di ricerca si stanno concentrando su questo tema da diversi punti di vista, combinando esperimenti controllati e modellazione. Una parte importante del lavoro consiste nella caratterizzazione dettagliata delle celle litio-ione, attraverso cicli di carica/scarica eseguiti in condizioni ambientali diverse e utilizzando profili di guida reali estratti da veicoli elettrici in utilizzo presso il laboratorio "Smart Grid e Mobilità Elettrica" dell'Ateneo triestino. Un aspetto chiave è l'uso della spettroscopia di impedenza elettrochimica (EIS), una tecnica che consente di analizzare in profondità lo stato interno della cella senza danneggiarla [1].

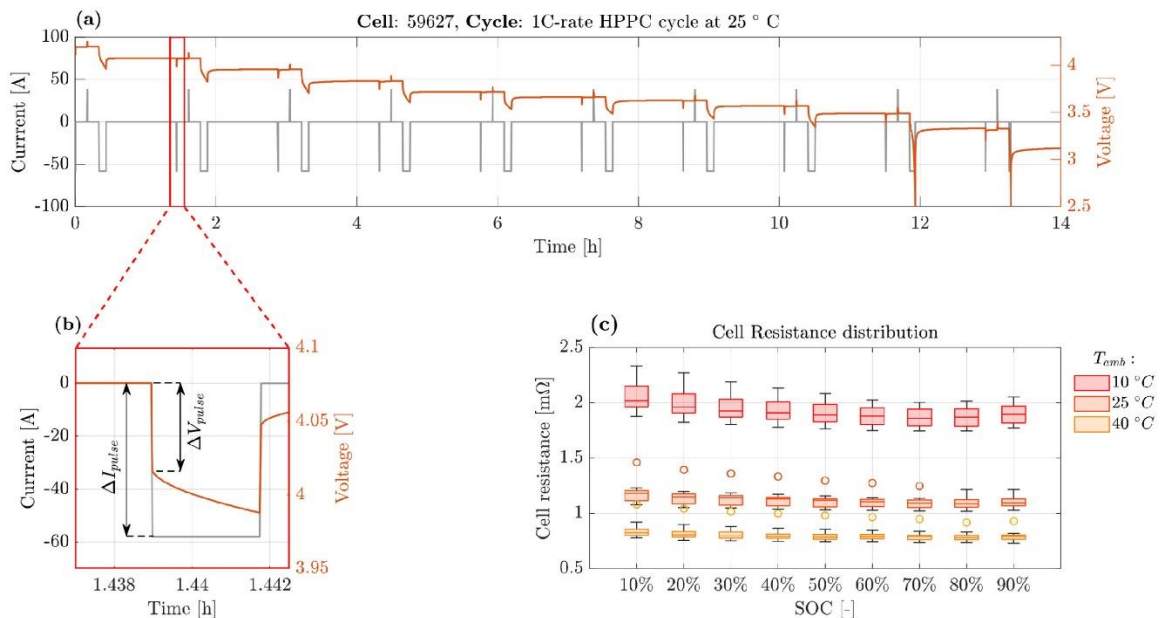


Figura 1 - (a) Procedura di prova HPPC che mostra i profili di tensione e corrente durante la prova. (b) Vista dettagliata di un impulso di scarica che evidenzia la caduta di tensione e il relativo impulso di corrente utilizzati per calcolare la resistenza interna della batteria. (c) Boxplot che illustra la distribuzione della resistenza interna a vari stati di carica (SOC) e temperature.

Tutte queste attività vengono svolte all'interno del nuovo laboratorio ELISA (Energy Laboratory for Interdisciplinary Storage Applications), attrezzato con strumentazioni all'avanguardia: ciclatori per celle singole, moduli e pacchi batterie fino a 800V, camere

termiche e climatiche per stressare i dispositivi in modo controllato, e strumenti dedicati alla misura dell'impedenza elettrochimica (Fig. 2).

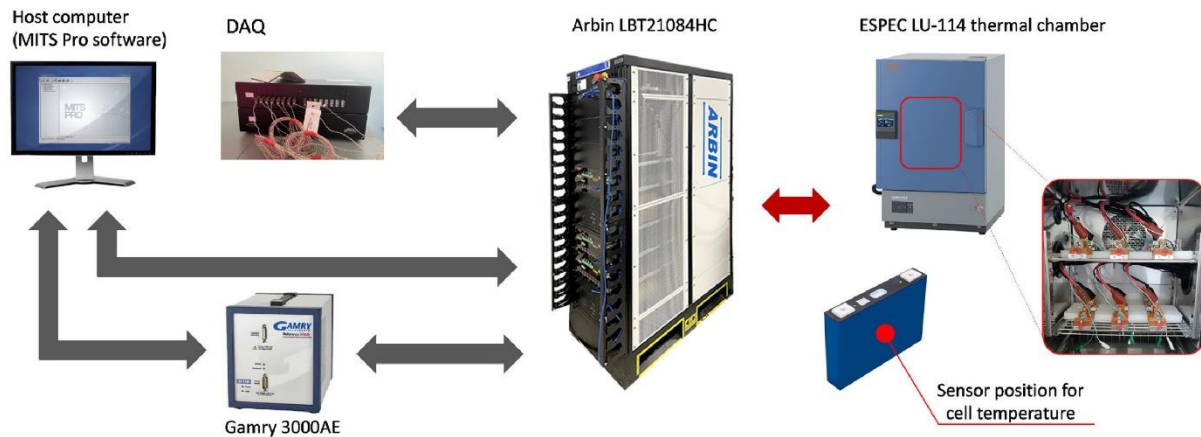


Figura 2 – Alcune delle apparecchiature disponibili presso l'Energy Laboratory for Interdisciplinary Storage Applications (ELISA) dell'Università di Trieste ed utilizzate per la creazione del set di dati pubblicato in [1].

Un altro fronte riguarda la costruzione di modelli intelligenti capaci di stimare in modo automatico il SoH delle celle a partire dai dati EIS raccolti. In stretta collaborazione con il Politecnico di Milano, abbiamo iniziato a esplorare l'uso di modelli TinyML, cioè modelli machine learning “leggeri” che possono essere eseguiti direttamente su dispositivi embedded a basso costo e con consumo energetico ridotto. Questa scelta è strategica in quanto consente di portare l'intelligenza “a bordo” delle batterie, permettendo un monitoraggio continuo e decentralizzato anche in contesti dove la disponibilità di risorse hardware è limitata [2].

Pubblicazioni scientifiche prodotte nel triennio

1. S. Fasolato, N. Blasuttigh, G. Galuppini, and D. M. Raimondo, ‘A dataset for large prismatic lithium-ion battery cells (CALB L148N58A): Comprehensive characterization and real-world driving cycles’, *Data in Brief*, vol. 58, p. 111301, Feb. 2025
2. S. Giazitzis, A. Ahmed, N. Blasuttigh, A. Massi Pavan, D. M. Raimondo, Susheel Badha, F. Rossetti and E. Ogliari, ‘TinyML models for SoH estimation of lithium-ion batteries based on Electrochemical Impedance Spectroscopy’, *Journal of Power Sources (accepted, in press)*