

MODELLI, METODI E DISPOSITIVI PER LA GESTIONE E LA DIAGNOSTICA IN APPLICAZIONI CON SORGENTI RINNOVABILI E ACCUMULO DI ENERGIA

Antonello Avella, Paolo D'Angelo, Marco De Gregorio, Luis Enrique Garcia Marrero, Luigi Mattia, Roberta Merolla, Carlos Pavon Vargas, Nikta Shamsmohammadi, Luigi Egiziano, Giovanni Petrone, Giovanni Spagnuolo, Walter Zamboni, Diana De Vivo

Università degli studi di Salerno
DIEM – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione ed Elettrica e Matematica Applicata
Via Giovanni Paolo II 132, 84084 Fisciano (SA)

Con l'istituzione del Dottorato di Interesse Nazionale "Photovoltaics", di cui l'Università di Salerno è sede amministrativa e coordinatrice, le attività di ricerca riguardanti la modellistica, la diagnosi e il controllo di sistemi fotovoltaici e di accumulo dell'energia, soprattutto in applicazioni orientate alle *smart grid*, costituiscono temi centrali nell'attività del gruppo. Sono state sviluppate tecniche basate su metodi deterministici, statistici o su algoritmi di intelligenza artificiale, con l'obiettivo di un'implementazione su dispositivi *embedded* per la diagnosi in linea. Le tecniche sono pensate per applicazioni residenziali/commerciali delle fonti rinnovabili e di accumulo, o per applicazioni di mobilità elettrica, nelle quali l'invecchiamento dei dispositivi condiziona fortemente le prestazioni dell'intero sistema, con la conseguente necessità di modificare nel tempo la strategia di gestione dei flussi energetici. I metodi e i modelli proposti, sviluppati utilizzando sia dati di letteratura sia dati acquisiti in laboratorio, si basano su metodologie di analisi dei dati nel dominio del tempo e della frequenza.

La spettroscopia di impedenza è una metodologia trasversale utilizzata in diverse attività di ricerca, dai sistemi di accumulo come batterie ricaricabili e a flusso, ai pannelli fotovoltaici, con ampia attività sperimentale a supporto degli sviluppi modellistici.

In particolare per l'ambito fotovoltaico, le attività sono state incentrate sulla diagnostica, sia nel dominio del tempo che in quello della frequenza, utilizzando approcci model-based e data-driven, e sulla *building integration*. Sono altresì in corso di approfondimento tematiche relative all'impiego delle materie prime per la realizzazione di impianti fotovoltaici.

Per quanto riguarda l'ambito dell'accumulo energetico, la spettroscopia di impedenza e metodi basati su dati quali l'analisi di capacità incrementale sono stati applicati nell'ambito della diagnosi di batterie ricaricabili agli ioni di litio e a flusso di vanadio. Sono in corso studi e sviluppi di termici di batterie da utilizzare in futuri battery management systems. L'attività sperimentale è principalmente orientata alla caratterizzazione di celle di piccola e media capacità – fino ai 50 Ah – con obiettivi modellistici che includano la temperatura.

È in corso anche una attività orientata all'energy management in ambito domestico per la gestione ottimale dei flussi di energia e l'identificazione dei carichi con metodi non intrusivi.

Le attività sono svolte in collaborazione con: la Tampere University (Finlandia), la Universidad del Valle e l'Universidad Nacional de Colombia (Colombia), l'Università di Malaga (Spagna), la Cergy Paris Université e l'Université de technologie de Compiègne (Francia), con la con diverse università italiane (Politecnico di Milano, Padova, Trieste, Napoli Federico II, Catania), con il Consiglio Nazionale delle Ricerche attraverso l'Istituto di Ingegneria del Mare di Palermo e con numerose aziende del settore fotovoltaico e storage.

La ricerca è finanziata con progetti europei (REACTT, RUBY, SMARTGYSUM, SUMMED-PV) e nazionali PRIN (HEROGRIDS, HOTSPHOT, ISOPVDT, DOGPHOSS), per molti dei quali l'unità svolge anche il ruolo di coordinamento.

Principali articoli scientifici di recente pubblicazione

1. Garcia-Marrero, L. E.; Monmasson, E.; Petrone, G., "Online real-time robust framework for non-intrusive load monitoring in constrained edge devices", *APPLIED ENERGY*. Vol. 378, doi 10.1016/j.apenergy.2024.124814, 2025.
2. R. Nazifi Charandabi, E. Babilio; G. Carpentieri, G. Spagnuolo, A. Amendola, F. Fraternali, "A tensegrity structure for a solar stadium roof with sun-tracking capability", *THIN-WALLED STRUCTURES*, pp.186-204, doi 10.1016/j.tws.2025.113033.
3. Piliougine, Michel; Sánchez-Friera, Paula; Spagnuolo, Giovanni, "Comparative of IEC 60891 and Other Procedures for Temperature and Irradiance Corrections to Measured I–V Characteristics of Photovoltaic Devices", *ENERGIES*. Vol. 17. Pag.566-1-566-67, 2024
4. D'Amore, G.; Cabrera-Tobar, A.; Petrone, G.; Pavan, A. Massi; Spagnuolo, G., "Integrating model predictive control and deep learning for the management of an EV charging station", *MATCOM*, Vol. 224, pp. 33-48, 2024.
5. A. Cabrera-Tobar, N. Blasutigh, A. Massi Pavan, G. Spagnuolo: "Demand response of an Electric Vehicle charging station using a robust-explicit model predictive control considering uncertainties to minimize carbon intensity", *SUSTAINABLE ENERGY, Grids and Networks*, Vol.38, 2024, 101381, 2024.
6. Luigi Mattia, Giovanni Petrone, Francesco Pirozzi, Walter Zamboni, "A low-cost approach to on-board electrochemical impedance spectroscopy for a lithium-ion battery", *JOURNAL OF ENERGY STORAGE*. Vol. 81, ID 110330 (2024).
7. Trovò, A.; Zamboni, W.; Marini, G.; Poli, N.; Guarnieri, M., "A flow battery cell testing facility for versatile active material characterization: features and operations", *JOURNAL OF POWER SOURCES*. Vol. 625, article ID 235679, 2024.
8. Cabrera-Tobar, Ana; Blasutigh, Nicola; Pavan, Alessandro Massi; Spagnuolo, Giovanni, "Demand response of an Electric Vehicle charging station using a robust-explicit model predictive control considering uncertainties to minimize carbon intensity", *SUSTAINABLE ENERGY, GRIDS AND NETWORKS*, Vol. 38, 101381, 2024.
9. Fraternali, Fernando; Babilio, Enrico; NAZIFI CHARANDABI, Rana; Germano, Giovanni; Luciano, Raimondo; Spagnuolo, Giovanni, "Dynamic origami solar eyes with tensegrity architecture for energy harvesting Mashrabiya's", *APPLICATIONS IN ENGINEERING SCIENCE*. Pag.100-190, [10.1016/j.apples.2024.100190](https://doi.org/10.1016/j.apples.2024.100190)
10. G. D'Amore, A. Cabrera-Tobar, G. Petrone, A. M. Pavan, and G. Spagnuolo. "Integrating model predictive control and deep learning for the management of an EV charging station". In: *Mathematics and Computers in Simulation* (2023). issn: 0378-4754. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matcom.2023.04.016>.
11. K.Lappalainen, M.Piliougine, S.Valkealahti, G.Spagnuolo: "Photovoltaic module series resistance identification at its maximum power production", *Mathematics and Computers in Simulation*, 2023, ISSN 0378-4754
12. Brian Ospina Agudelo, Walter Zamboni, Fabio Postiglione, Eric Monmasson, "Battery State-of-Health estimation based on multiple charge and discharge features", *ENERGY*. Vol. 263, article ID 125637 (2023)
13. Ludovico Lombardi, Brian Ospina Agudelo, Walter Zamboni, Eric Monmasson "Battery Aging Models Based on High-Current Incremental Capacity in Fast Charging", *BATTERIES*. Vol. 9, Article ID 2 (2023)