

Il ruolo dell'Ingegneria Elettrica per la transizione energetica sostenibile

Francesco Grasso

Il XXI secolo è ormai riconosciuto come 'il secolo dell'elettricità'. Dalla Seconda Rivoluzione Industriale in poi, l'energia elettrica e le sue applicazioni sono sempre più presenti in tutte le realizzazioni che hanno accompagnato lo sviluppo della società umana. Inoltre, grazie alle crescenti possibilità offerte dalle energie rinnovabili, sarà un vettore energetico sempre più pulito ed efficiente, come dimostrato dal mix energetico per la produzione di energia elettrica dal 1985 al 2023 nel mondo e in Europa, riportate in Figura 46.

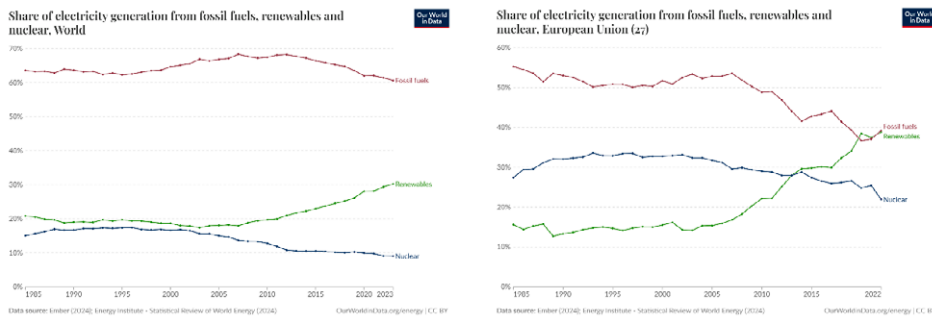


Figura 46 – Ripartizione della generazione di energia elettrica tra fonti fossili ●, energia nucleare ● e energie rinnovabili ● (sinistra) mondo (destra) Europa (27)¹.

Comunemente si è portati a considerare l'Ingegneria Elettrica come l'ambito che si occupa essenzialmente delle applicazioni pratiche dei fenomeni elettrici in presenza

¹ <https://ourworldindata.org/electricity-mix>

di correnti forti e di bassa frequenza, mentre per le correnti deboli e di alta frequenza, negli anni, si sono sviluppate altre discipline ricadenti nell'ambito dell'Ingegneria dell'Informazione tra cui: l'Elettronica, le Telecomunicazioni, la Radiotecnica, l'Automazione e l'Elaborazione delle informazioni.

Tuttavia, i recenti sviluppi delle applicazioni legati all'elettricità e alle energie rinnovabili hanno portato la ricerca negli ambiti dell'Ingegneria Elettrica a doversi confrontare con problemi spesso a cavallo tra le due definizioni, arrivando a coniare il termine *Enertronics* per indicare come la produzione, la trasformazione, la trasmissione e l'utilizzazione dell'energia elettrica sia sempre più permeata dall'ingegneria dell'informazione.

Su queste tematiche è presente, presso l'Università di Firenze, un gruppo di ricercatori di Elettrotecnica che oggi afferisce al Laboratorio di Ingegneria dell'Energia Elettrica (o Electrical Energy Engineering Laboratory – 3ELab).

Fin dalla sua costituzione ad opera del Prof. Antonino Liberatore, di fatto coincidente con la nascita della Facoltà di Ingegneria, il gruppo ha seguito l'evoluzione degli ambiti di ricerca dell'Ingegneria Elettrica, grazie al lavoro svolto dai Proff. Stefano Manetti, Giancarlo Martarelli, Maria Cristina Piccirilli, Alberto Reatti, Antonio Luchetta, Gabriele Maria Lozito, Fabio Corti e dal sottoscritto, con la preziosa collaborazione degli ingg. Alberto Giorgi, Pietro Antonio Scarpino, Gianluigi Fioriti, Maurizio Monticelli e Libero Paolucci.

Inizialmente, il gruppo ha contribuito allo sviluppo dell'analisi simbolica per la progettazione automatica e l'analisi di filtri e circuiti analogici. La principale peculiarità di questa modalità di analisi consiste nella possibilità di poter prendere in considerazione tutti i parametri che contribuiscono al funzionamento di un circuito elettrico, superando i limiti dei simulatori numerici più diffusi nei quali l'associazione con i parametri viene persa fin dal primo passo di simulazione. L'attività svolta ha portato alla creazione del programma SAPWIN² che è in grado di analizzare i circuiti analogici tramite simulazioni basate su tecniche simboliche e della conferenza internazionale specialistica SMACD³ sui metodi di sintesi, modellazione, analisi e simulazione e applicazioni alla progettazione di circuiti, arrivata alla sua 21^a edizione.

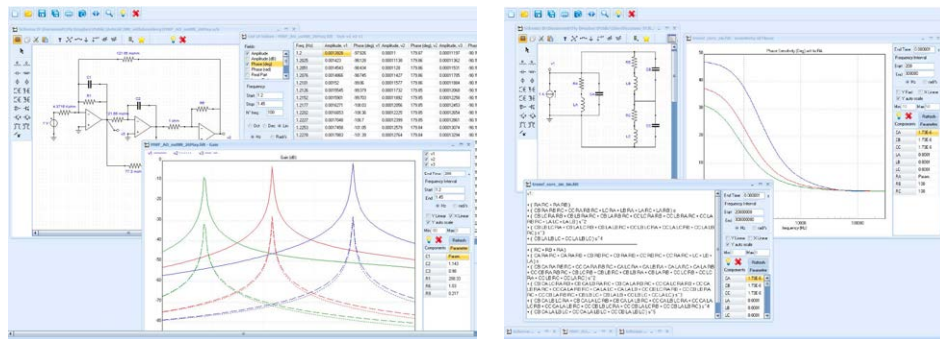


Figura 47 – Alcune schermate di esempio del programma SAPWIN (www.sapwin.info).

Le potenzialità dell'analisi simbolica nei circuiti elettrici ed elettronici ha portato a sviluppare anche tecniche di diagnosi di guasto e design centering, anche con l'utilizzo delle reti neurali. Grazie a queste tecniche, potenziate oggi con l'uso di intelligenza

² www.sapwin.info

³ <https://smacd-conference.org/>

artificiale e machine learning, è stato possibile sviluppare metodi per la diagnosi predittiva di sistemi e componenti elettrici ed elettronici. In particolare, in collaborazione con e-distribuzione, è stato possibile sviluppare dei metodi non invasivi per la diagnosi di guasto nelle reti elettriche di distribuzione.

Nel corso delle ricerche con l'uso delle reti neurali, è stato possibile avviare una proficua collaborazione con il Prof. Igor Aizemberg, inventore delle reti neurali a valori complessi⁴, che risultano estremamente utili nei problemi di identificazione e classificazione.

Un ulteriore ambito di ricerca, che è stato sviluppato grazie alla collaborazione con l'azienda Magnetek e il Prof. Marian Kazimierczuk della Wright State University, è stato quello dell'analisi, dimensionamento e progettazione di convertitori elettronici di potenza. Sempre grazie alle tecniche di analisi simbolica sviluppate dal gruppo, è stato possibile approfondire gli effetti degli elementi parassiti all'interno dei componenti che costituiscono gli alimentatori di potenza. In questo senso, è stato possibile individuare nei convertitori di potenza risonanti i dispositivi ideali per poter sviluppare sistemi di ricarica wireless per veicoli elettrici.

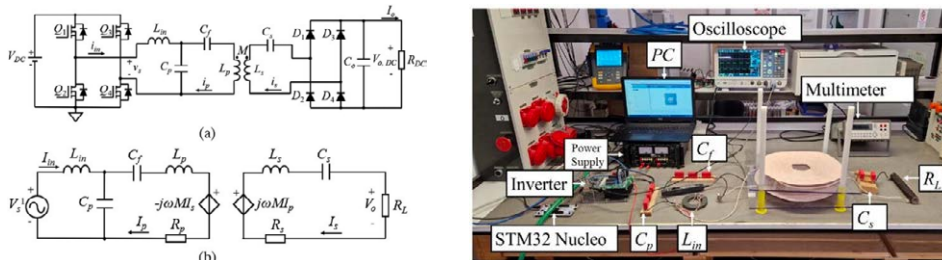


Figura 48 – Schema circuitale e setup sperimentale di un convertitore risonante LCC-S compensato.

In parallelo è stato possibile sviluppare nuovi metodi per l'analisi della qualità dell'energia elettrica (power quality) nelle reti di distribuzione. Partendo dai lavori del Prof. Alexander Eigeles Emanuel, sono stati implementati dei sistemi per la misura e l'analisi delle reti elettriche ed è stato possibile realizzare due brevetti internazionali (EP3549227B1 e EP4085262B1) per dispositivi in grado di analizzare, monitorare, controllare e migliorare la qualità dell'energia elettrica. Inoltre, è stato possibile attivare, nel 2015, il laboratorio congiunto Smart Energy Lab (www.smartenergylab.eu) per la ricerca di soluzioni tecnologiche per la power quality nei sistemi elettrici e lo spin-off/start-up innovativa Poweremp (www.poweremp.it) per il trasferimento tecnologico degli sviluppi pratici.

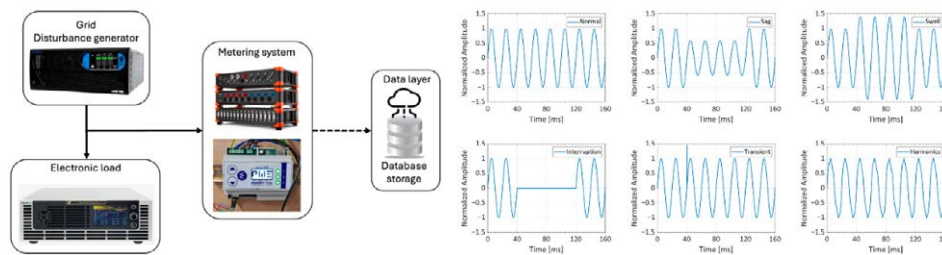


Figura 49 – Setup sperimentale e tipologie di disturbi per l'analisi di power quality.

⁴ <https://www.igoraizemberg.com/complex-valued-neural-networks-with-multi-valued-neurons>

Sempre nell'ambito dell'ingegneria elettrica per la transizione energetica, sono stati sviluppati algoritmi MPPT (Maximum Power Point Tracking), basati su microcontrollori tramite reti neurali FCC e MLP, in grado di massimizzare la produzione degli impianti fotovoltaici.

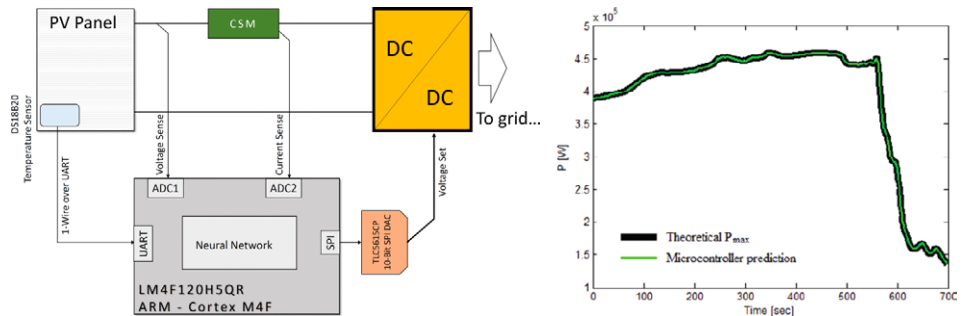


Figura 50 – Schema a blocchi e modalità di controllo di un dispositivo per MPPT.

Inoltre, grazie alle competenze acquisite negli anni e al contributo innovativo e brillante di giovani collaboratori che hanno deciso di impegnarsi nello sviluppo dell'ingegneria elettrica presso l'Università di Firenze, come gli ingegneri Marco Bindi, Matteo Intravaia e Lorenzo Becchi, è stato possibile affrontare anche tematiche riguardanti i sistemi elettrici per l'energia e legate all'esigenza di azzerare le emissioni di gas serra (GreenHouse Gas Emissions o GHG) entro il 2050.

In particolare, le attività di ricerca hanno riguardato metodi, strumenti, tecniche e dispositivi per il miglioramento dell'utilizzo dell'energia prodotta dalle fonti rinnovabili nelle configurazioni di utenti per l'autoconsumo condiviso, note anche come Comunità Energetiche Rinnovabili (CER). Le CER sono una delle modalità operative delle smart grid, in cui è necessario massimizzare il consumo di energia elettrica prodotta dalle fonti energetiche rinnovabili collocate nel perimetro geografico identificato da una cabina primaria⁵.

Tra le attività di ricerca sviluppate, grazie anche ai contributi finanziari ricevuti dalla Regione Toscana, troviamo i metodi e i sistemi per la pianificazione ottimale dei BESS (Battery Energy Storage Systems ovvero sistemi di accumulo di energia elettrica a batterie) nelle comunità di energia rinnovabile basati su tecniche di intelligenza artificiale, per la diagnosi dello stato di salute delle batterie, per l'analisi della power quality nelle reti elettriche di distribuzione con tecniche di machine learning.

Infine, per avere uno strumento affidabile per valutare correttamente le novità legislative, normative e di incentivazione legate alla transizione energetica, è stato avviato lo sviluppo di un chatbot AI⁶ in grado di acquisire e analizzare la principale documentazione ufficiale e, utilizzando tecniche di machine learning e l'elaborazione del linguaggio naturale (NLP, Natural Language Processing), comprendere le richieste inviate su argomenti legati alle CER, generando risposte simili a quelle umane.

Il Laboratorio di Ingegneria dell'Energia Elettrica è impegnato in numerose collaborazioni nazionali e internazionali e partecipa al National Centre for HPC, Big Data and Quantum Computing, al Centro Nazionale per la Mobilità Sostenibile – CNMS

⁵ <https://www.gse.it/servizi-per-te/autoconsumo/mappa-interattiva-delle-cabine-primarie>

⁶ https://t.me/Tartarr_bot

e ai partneri estesi REsearch and innovation on future Telecommunications systems and networks, to make Italy more smart.

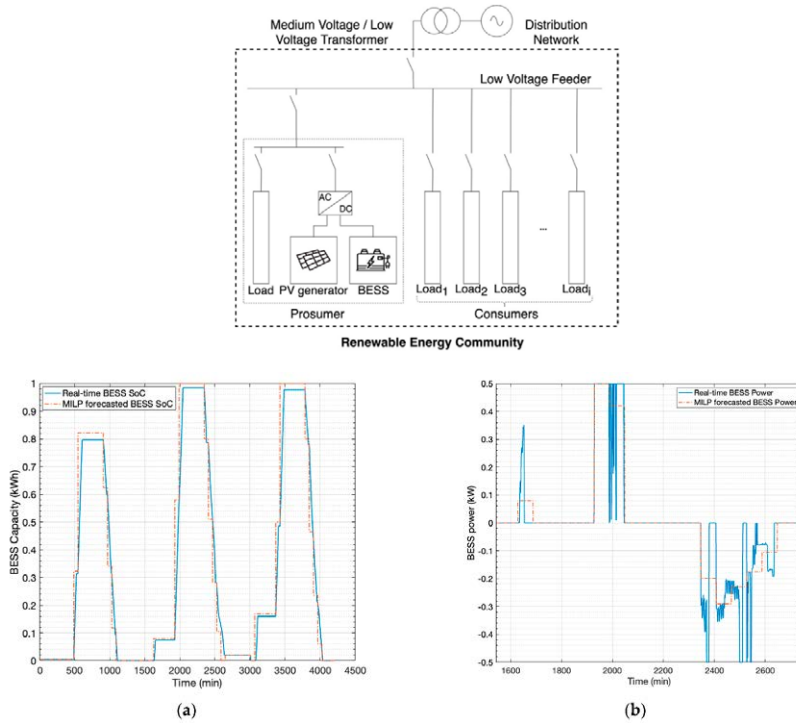


Figura 51 – Schema a blocchi e modalità di gestione di un BESS.

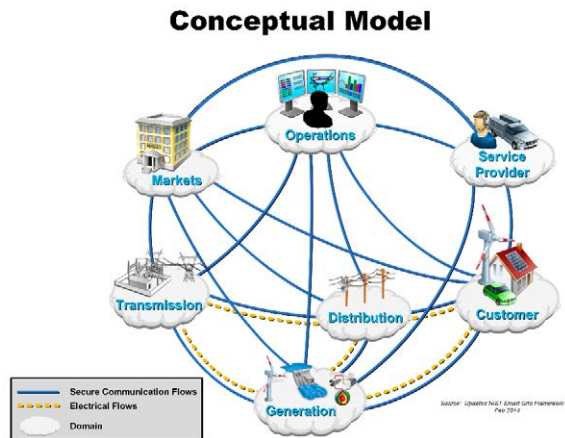


Figura 52 – Modello concettuale della struttura di una smart grid.